

520.937

LEHRBUCH
DER
ANATOMIE DES AUGES

VON

DR. G. SCHWALBE,
o. Professor der Anatomie an der Universität Strassburg i/E.

MIT 83 HOLZSCHNITTEN.

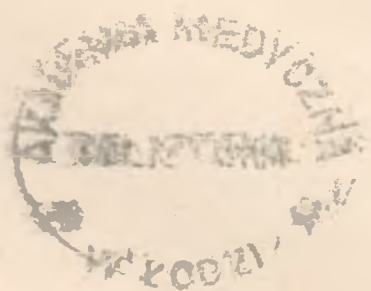
Einzel-Ausgabe aus des Verfassers
Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane.

ERLANGEN.
VERLAG VON EDUARD BESOLD.
1887.

Bibl. Gl. Ak. Med. w Łodzi
Wpisz dnia 12. 5. 1930
z Dnr. Dkt. Kolińskiego
Wp. 6.1
pod nr. Dk. 222/73
Cena 30-

Alle Rechte vorbehalten.

520.937



Inhalt.

Das Sehorgan.

	Seite
A. Der Augapfel (Auge, Bulbus oculi)	76
Gestalt, Grösse	76
Entwicklungsgeschichtliche Uebersicht über die Theile des Augapfels	78
A. Schlappen (Ophthalmencephalon)	83
I. Der Sehnerv (N. opticus)	83
II. Die Netzhaut (Retina, Nervenhaut, Innere Augenhaut)	87
A. Pars optica retinae	90
I. Gebiet der Papilla optici	90
II. Gebiet der Nervenausbreitung	92
A. Gebiet ausserhalb der Macula lutea	96
B. Macula lutea und Fovea centralis	111
C. Ora serrata	114
D. Ende der Retinaschichten an der Eintrittsstelle des Sehnerven	115
Zusammenhang der Netzhautelemente und Endigung des Sehnerven	116
B. Pars ciliaris retinae	118
C. Pars iridica retinae (Pars retinalis iridis)	118
Gefässe des Sehnerven und der Netzhaut	118
I. Blutgefässe	118
II. Lymphbahnen	122
B. Linse, Krystall-Linse, Lens crystallina	123
1. Die Linsenkapsel (Capsula lentis)	125
2. Das Epithel der Linse (Epithel der vorderen Kapsel)	127
3. Die Linsenfasern	128
4. Wachsthum der Linse	134
C. Bindegewebige Hüllen des Sehbechers	135
I. Glaskörper und Zonula (innere bindegewebige Hüllen)	135
1. Der Glaskörper (Corpus vitreum)	136
2. Die Zonula ciliaris s. Zinnii und der Canalis Petiti	141
II. Aeussere Hüllen des Sehbechers (Augenkapsel)	146
1. Die fibröse Augenhaut, Tunica fibrosa	146
A. Die Cornea, Hornhaut	146
B. Die Sclera (Sclerotica, Tunica albuginea oculi, weisse Augenhaut, Sehnenhaut des Auges)	167
Die Uebergangszone der Cornea zur Sclera	171

	Seite
2. Die Gefäßshaut, Tunica vasculosa	180
A. Die Chorioides (Chorioides propria, Chorioidea, Aderhaut	181
B. Das Corpus ciliare (Ciliarkörper)	189
C. Die Iris (Regenbogenhaut, Blendung)	197
Nerven der Iris	209
Gefäße des Augapfels	210
I. Blutgefäße des Augapfels	210
II. Lymphbahnen des Augapfels	214
I. Die vorderen Lymphbahnen	215
II. Die hinteren Lymphbahnen	218
B. Schutz- und Hilfs-Apparate des Sehorgans	219
I. Uebersicht über den Inhalt der Orbita. Lage des Augapfels	219
II. Muskeln der Orbita	225
1. M. levator palpebrae superioris	227
2. Mm. recti oculi	228
3. Mm. obliqui oculi	233
III. Augenlider und Conjunctiva	235
A. Allgemeine Anordnung, Verhalten der Augenlidspalte	235
B. Feinerer Bau der Augenlider und der Conjunctiva	239
I. Oberes und unteres Augenlid, Palpebra superior und inferior	239
1. Hauttheil der Augenlider	240
2. Die centrale Bindegewebsschichte	241
3. Der Lidrand	242
4. Conjunctivaltheil der Lider	244
II. Drittes Augenlid und Caruncula lacrymalis	250
III. Conjunctiva bulbi	251
IV. Thränenapparat	252
A. Die Thränendrüse (Glandula lacrymalis)	253
B. Die Thränenkanälchen (Canaliculi lacrymales)	255
C. Der Thränengang (Ductus lacrymalis)	260
I. Der Thränensack, der orbitale Theil des Thränenganges	260
II. Der Thränennasengang	262
Literatur über das Sehorgan	267

Das Sehorgan.

Zum Sehorgan im weitesten Sinne rechnet man vor Allem 1) den Augapfel, das Auge (*Bulbus oculi*), sodann 2) dessen Schutzorgane, die Augenlider und den Thränenapparat, und endlich 3) die Muskeln der Augenlider und des Augapfels.

A) Der Augapfel (Auge, *Bulbus oculi*).

Gestalt, Grösse.

Die Gestalt des Augapfels wird gewöhnlich mit der einer Kugel verglichen. Es bestehen aber einige nicht unerhebliche Abweichungen. Durch eine dem vorderen Pole des Augapfels ungleich näher gelegene ringförmige seichte Furche (*Sulcus sclerae* von Merkel, *Sulcus sclerae externus*) (Fig. 39 zwischen 4 u. 5) wird eine Einschnürung des kugelig gedachten Augapfels im ganzen Umfange herbeigeführt und dadurch ein kleineres vorderes Segment mit kleinerem Krümmungsradius (7,75 mm) von einem grösseren hinteren abgegrenzt (Krümmungsradius der äusseren Fläche dieses Segments = 12,70 mm). Das kleinere vordere Segment wird von einer durchsichtigen Membran, der Hornhaut (*Cornea*) (Fig. 39, 5) begrenzt, das grössere hintere dagegen von der weissen sehnigen undurchsichtigen *Sclerotica* (*Sclera*) (Fig. 39, 3). Während nun ersteres annähernd einem Kugelabschnitt gleich gesetzt werden kann, entspricht letzteres mehr einem in der Richtung von oben nach unten etwas comprimierten Ellipsoid. Für die allgemeine Orientirung können wir den Augapfel aber immerhin einer Kugel vergleichen und an derselben zwei Pole, von ihnen ausgehende Meridiane und einen Aequator unterscheiden. Die Pole bezeichnet man als vorderen und hinteren. Ersterer liegt im Mittelpunkt der Vorderfläche der Hornhaut, letzterer im Mittelpunkt der hinteren Bulbus-Krümmung (bei 10 Fig. 39). Beide Pole werden durch eine sagittale Linie, die *Augenaxe* (äussere *Augenaxe*) verbunden. Als innere *Augenaxe* bezeichnet man eine gerade Linie vom Mittelpunkte der hinteren Fläche der Hornhaut zu einem dem hinteren Pole entsprechenden Punkte auf der Innenfläche der Netzhaut. Von Pol zu Pol kann man sich über die Oberfläche des kugelig gedachten Bulbus *Meridiane* gezogen denken und zu

diesen senkrecht ein anderes System von Kreisen (den Breitenkreisen entsprechend), deren grösster als Aequator bezeichnet wird. Die Abweichungen, welche der Augapfel von der Kugelgestalt zeigt, prägen sich am deutlichsten in dem ungleichen Werth seiner verschiedenen Durchmesser aus. Der sagittale Durchmesser (oder die Augenaxe) misst nach C. Krause im Mittel 24,27 mm (innere Augenaxe = 21,74 mm). Der dazu senkrechte transversale beträgt 24,32 mm, während der vertikale mit 23,60 mm geringer ausfällt, somit die oben erwähnte Abplattung des Bulbus-Ellipsoids bedingt. Nach Sappey, der für den sagittalen Durchmesser beim Manne 24,6 mm, für den vertikalen 23,5 findet, ist auch der transversale Durchmesser etwas kleiner, als der sagittale, nämlich 23,9 mm. Eine andere Abweichung der Bulbus-Form von einer regelmässig geometrischen besteht darin, dass die medianwärts von der Augenaxe gelegene Hälfte des Augapfels (die nasale) kleiner ist, als die laterale (temporale). Ebenen durch die Iris, den Linsen-Aequator und den vorderen Rand der Netzhaut gelegt convergiren nach der medialen oder Nasenseite (Brücke). Die auffallendste Asymmetrie des Bulbus aber wird durch die Art seiner Verbindung mit den Sehnerven bewirkt. Derselbe (Fig. 39, 1) verbindet sich mit dem Augapfel nicht im hinteren Pole, sondern 3 bis 4 mm medianwärts von demselben. Die in der Verlängerung des Sehnerven gezogene Sehnervenaxe muss also die Augenaxe unter einem spitzen Winkel (von etwa 20°) schneiden; der vom Sehnerveneintritt auf der Nasenseite zum Cornealrande gezogene Meridian muss kleiner sein (27,3 mm nach Sappey) als der auf der Schläfenseite entsprechend gezogene (33,8 mm nach Sappey). Der Abstand beider Augen von einander beträgt 56 bis 61 mm. Das Gewicht des Augapfels schwankt nach Henle zwischen 6,3 und 8 gr, nach Sappey zwischen 7 und 8 gr. Das Volum wird von Henle zu 6 ccm angegeben, das specifische Gewicht von Huschke zu 1,0220 und 1,0302.

Die Dimensionen des weiblichen Augapfels sind nach Sappey etwas geringer, als die des männlichen (im Mittel sagittaler Durchmesser 23,9, transversaler 23,4, vertikaler 23,0 mm). — Das Auge des Kindes wächst von der Geburt (Augenaxe 17,5 mm) bis zum ersten Jahre nicht unerheblich, nimmt bis zur Pubertätszeit nur wenig (Augenaxe 20—21 mm), dann aber bis zur definitiven Grösse rasch zu. Das Auge des Kindes ist also relativ gross; es entspricht genauer der Kugelgestalt, als das des Erwachsenen.

Entwicklungsgeschichtliche Uebersicht über die Theile des Augapfels.

Am Aufbau des Augapfels betheiligen sich Gebilde von dreierlei verschiedener Abstammung.

A) Im Hintergrunde des Augapfels ist in Form einer Kugelschale eine zarte Membran ausgespannt, die Netzhaut (Retina) (Fig. 39, 9), welche mit den Endapparaten des Sehnerven ausgestattet ist und die Lichtempfindung vermittelt. Der N. opticus (Fig. 39, 1) steht mit ihr in unmittelbarer Verbindung. Die Netzhaut ist entwicklungsgeschichtlich ein modificirter Hirnlappen (Sehlappen, Ophthalmencephalon), der sich noch vor Differenzirung des Grosshirns jederseits vom primären Vorderhirn als primäre Augenblase abgliedert (vgl. Neurologie S. 392) (Fig. 33, 3); der Stiel der Blase (Fig. 33, 2) entwickelt die Fasern des Sehnerven. Die Augenblase selbst erfährt beim weiteren Wachsthum einen Widerstand in der sich vom äusseren Keimblatt aus einstülpenden Linse (Fig. 33, 5; Fig. 34, 7) und wird dadurch selbst von aussen her zu einem Becher eingefaltet, sodass sie nunmehr (Fig 34—37) als secun-

Fig. 33.

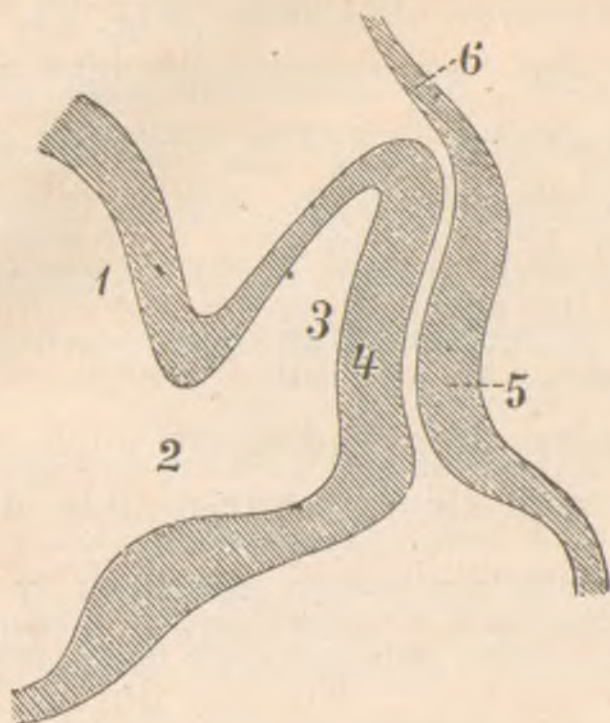


Fig. 34.

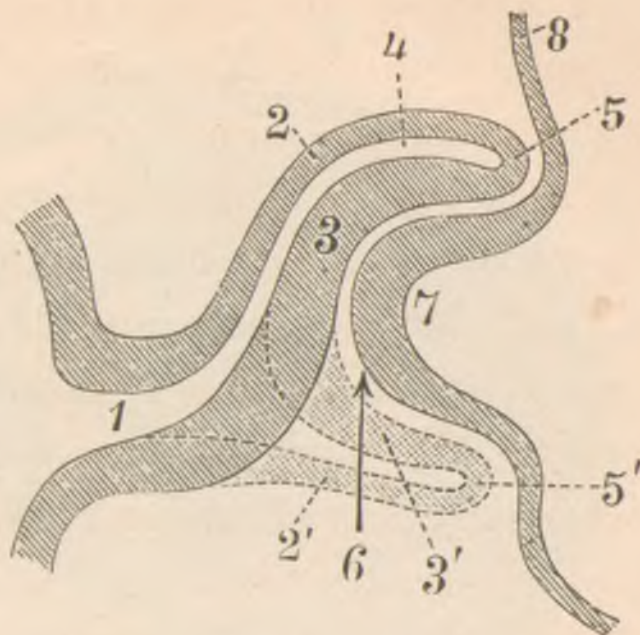


Fig. 33. Verticalschnitt durch die primäre Augenblase und Linsengrube. Halbschematisch. 1, Hohlraum des primären Vorderhirns; 2, Hohlraum des Augenblasenstiels; 3, primäre Augenblase; ihre verdickte äussere Wand (4) im Beginn, durch die entstehende Linsengrube (5) eingestülpt zu werden; 6, Epidermis.

NB. Die Figuren 33 bis 37 sind mit Hülfe von Abbildungen in Kessler's „Entwicklung des Auges der Wirbelthiere“ construiert.

Fig. 34. Einstülpung der primären Augenblase zur secundären durch die Anlage der Linse. Halbschematisch.

1, Augenblasenstiel; 2, äusseres, 3, inneres Blatt der secundären Augenblase; 4, der ursprünglich zwischen beiden befindliche Spaltraum (3 in Fig. 33 entsprechend); 5, der Umschlagsrand beider Blätter der secund. Augenblase; 6, die Richtung des von unten her vordringenden Pfeils zeigt die Richtung der unteren oder Glaskörper-Einstülpung der Augenblase an; es liegt der Pfeil in einem Spalt (fötale Augenspalte), welcher jederseits von einem Umschlagsrand der secundären Augenblase begrenzt wird (vergl. Fig. 35, 3). Die eine Spaltlippe ist bei 2', 3', 5' im optischen Längs-Durchschnitt schwächer schraffirt dargestellt in ihrer Zusammensetzung aus den beiden Blättern 2' und 3', welche sowohl längs des Spaltes, als vorn bei 5' in einander umbiegen; 7, Linsengrube mit verdicktem Epithel, stärker eingestülpt; 8, Epidermis.

Fig. 35.

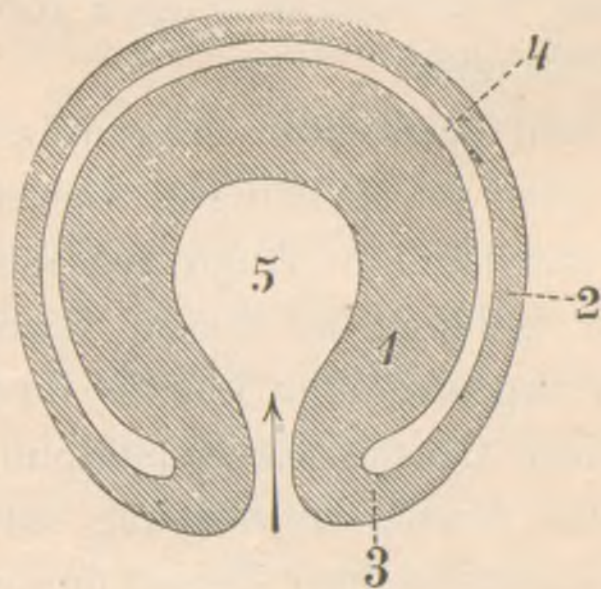


Fig. 36.

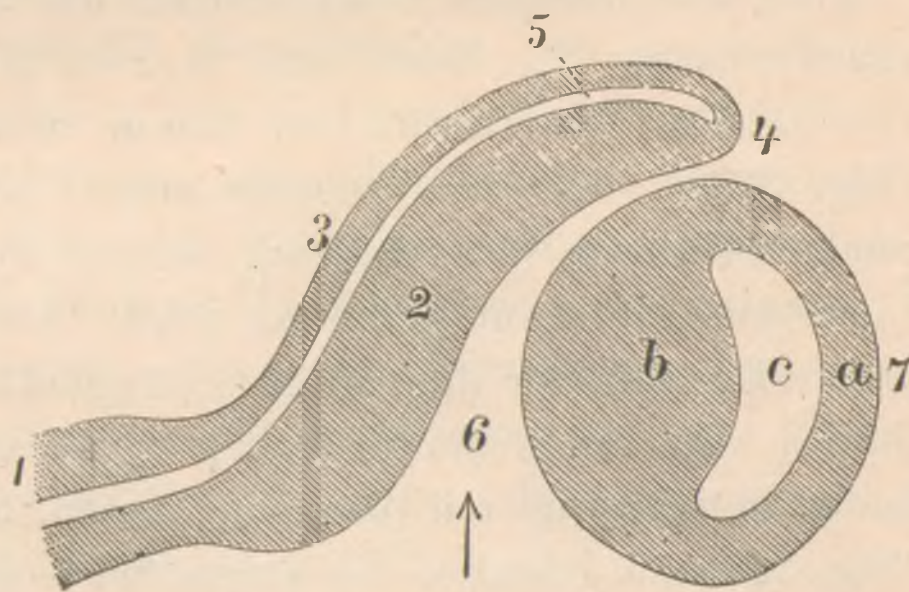
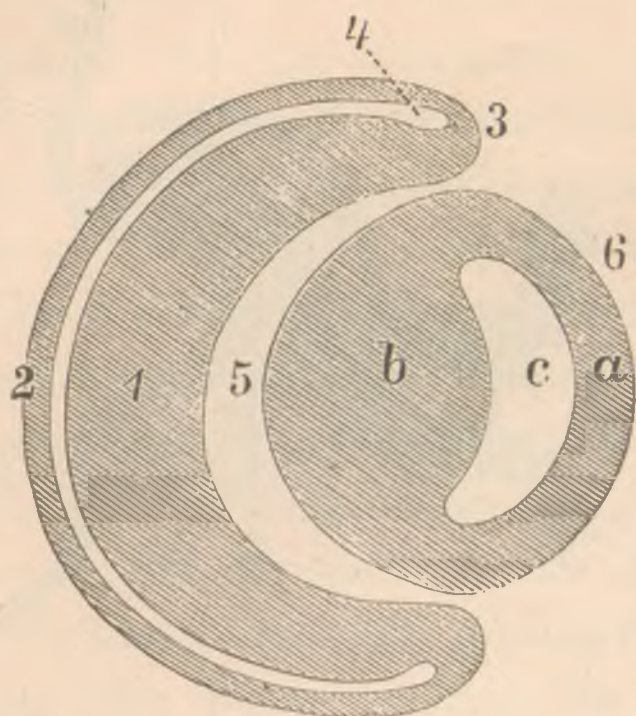


Fig. 35. Einstülpung der Augenblase von unten her durch die Glaskörperanlage. Der Schnitt stellt dasselbe Entwicklungsstadium dar, wie Fig. 34, ist aber durch eine Ebene gelegt, welche etwa in der Richtung des Pfeiles in Fig. 34 senkrecht zur Schnittebene dieser Figur unmittelbar hinter der Linsengrube vorbeigeführt ist. Bezeichnen wir jenen Schnitt Fig. 34, entsprechend der späteren Stellung des Augapfels, als einen Sagittalschnitt, so ist dieser in Fig. 35 abgebildete ein Frontalschnitt. 1, inneres, 2, äusseres Blatt der secundären Augenblase; 3, deren Umschlagsrand neben der fötalen Augenspalte; 4, Spaltraum zwischen beiden Blättern der secundären Augenblase; 5, Glaskörperaum; der Pfeil bezeichnet die Richtung der Glaskörpereinstülpung,

Fig. 36. Vertikaler Längsschnitt der Augenanlage durch die fötale Augenspalte nach vollendeter Abschnürung der Linse.

1, Opticus (Stiel der Augenblase); 2, inneres, 3, äusseres Blatt der secundären Augenblase; 4, ihr Umschlagsrand; 5, Spaltraum zwischen beiden Blättern der secundären Augenblase; 6, Glaskörperaum (der Pfeil deutet die Richtung der Einstülpung an); 7, abgeschnürte Linse: a, deren vorderes, b, deren hinteres in Linsenfasern auswachsendes Epithel; c, ursprünglicher Hohlraum der Linse.

Fig. 37.



däre Augenblase aus zwei Blättern besteht: a) einem inneren dickeren (Fig. 34, 3; 35, 1; 36, 2; 37, 1), aus welchem sich die eigentliche Netzhaut bildet, und b) einem äusseren dünneren (Fig. 34, 2; 35, 2; 36, 3; 37, 2), das sich später durch Pigmentaufnahme scharf abzeichnet und den ursprüng-

Fig. 37. Vertikaler Längsschnitt derselben Augen- anlage wie in Fig. 36, aber seitlich von der Augenspalte und dem Augenblasenstiel.

1, inneres, 2, äusseres Blatt der secund. Augenblase; 3, ihr Umschlagsrand; 4, Spaltraum zwischen beiden Blättern; 5, Glaskörperraum; 6, Linse; a, b und c wie in Fig. 36.

lichen epithelialen Charakter bewahrt: es wird, indem der Spaltraum zwischen beiden Blättern (Fig. 34, 4; 35, 4; 36, 5; 37, 4) schwindet, zu dem der Aussenfläche der Retina dicht anliegenden Retina-Epithel (Pigmentepithel der Retina).

B) Der wichtigste lichtbrechende Körper des Auges, die Linse (Krystalllinse) (Fig. 32, 12) entsteht gegenüber der äusseren Fläche der primären Augenblase aus dem Epithel des äusseren Keimblatts (Fig. 33, 5). Es bildet sich hier zunächst eine grubenartige Vertiefung; indem dann die Communicationsöffnung der Grube sich durch Vorwachsen des Umschlagsrandes verengt (Fig. 34), kommt es zur Abschnürung eines epithelialen Säckchens (Fig. 36, 7; 37, 6), dessen hintere Wand (b) bedeutend an Dicke zunimmt, beim weiteren Wachsthum die vordere Wand (a) erreicht und dadurch den ursprünglichen Hohlraum (c) der Linse zum schwinden bringt.

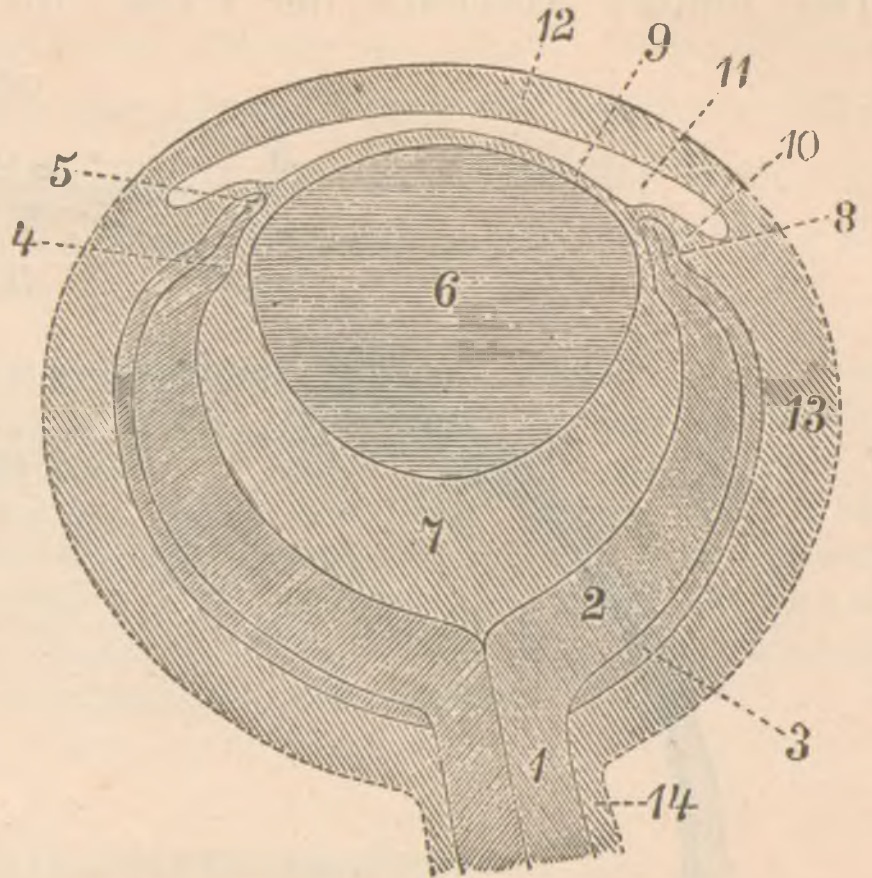
C) Alle übrigen Bestandtheile des Augapfels sind bindegewebiger Abstammung. Sie lassen sich in zwei Abtheilungen bringen.

1) Ein Theil erfüllt den Raum zwischen Linse und secundärer Augenblase (Fig. 37, 5). Es wird derselbe zum Glaskörper, einer durchsichtigen wasserreichen Gallerte (Fig. 32, 13), welche demnach am entwickelten Auge zwischen Linse und Netzhaut gefunden wird. Der Glaskörper gelangt in diesen Raum durch Einstülpung der primären Augenblase und des angrenzenden Theiles ihres Stieles von unten her (Fig. 34, 6; 35, 5; 36, 6). Diese Glaskörper-Einstülpung findet gleichzeitig mit der von aussen her erfolgenden Linsen-Einstülpung statt (Fig. 34) und gestaltet die secundäre Augenblase zu einem Becher, dessen untere Wand vom Sehnerven bis zum vorderen Umschlagsrand ihrer beiden Blätter mit einer Spalte (fötale Augenspalte) (Fig. 35) versehen ist, an deren Rändern die beiden Blätter der secundären Augenblase in derselben Weise in einander umbiegen, wie am vorderen Rande des Augenblasenbeckers (Fig. 35, 3). Durch späteren Verschluss dieser fötalen Augenspalte wird dann das eingewanderte gefässhaltige embryonale Bindegewebe in das Innere der dem Bulbus benachbarten Sehnervenstrecke, sowie in den Raum zwischen Linse und Retina eingeschlossen und communicirt nun nur noch an der Eintrittsstelle der Gefässe in den Sehnerven, besonders aber in dem Spaltraum, welcher sich im ganzen Umfange der Peripherie der Linse zwischen ihr und der secundären Augenblase befindet (Fig. 38, 8), mit dem äusseren Bindegewebe.

Fig. 38.

Fig. 38. Schematischer horizontaler Meridionalschnitt durch ein embryonales Auge.

Die Theile des Sehbechers sind dunkel schraffirt, die äusseren und inneren Hüllen desselben hell. 1—5, Ophthalmencephalon; 1, Sehnerv; 2, Retina; 3, Epithel derselben; 4, Anlage der Pars ciliaris retinae; 5, Anlage der Pars iridica retinae. — 6, Linse. — 7, 8, innere Hüllen des Sehbechers; 7, Glaskörper; 8, Membrana capsulo-pupillaris; 9—14, äussere Hüllen des Sehbechers; 9, Membrana pupillaris; 10, Anlage der Iris, mit der Membrana pupillaris continuirlich; 11, vordere Augenkammer; 12, Cornea; 13, Anlage von Sclera und Chorioides; 14, Anlage der Hüllen des Sehnerven.



2) Das übrige am Aufbau des Augapfels beteiligte Bindegewebe umhüllt die Aussenfläche der secundären Augenblase und der Linse, schliesst also alle bisher angeführten Bestandtheile des Bulbus ein und umgibt sie mit schützenden Hüllen. Wir können diesen Theil des Bindegewebes (Fig. 38, 9—14) als äussere Hüllen des Sehbechers (des Schlappens vom Vorderhirn und der epithelialen Linse) zusammenfassen und den Hüllen des Hirns und Rückenmarks vergleichen. Wie diese sondern sie sich in eine fibröse äussere Membran (Pachymeninx) und eine zartere gefässreiche innere (Leptomeninx). Die fibröse Augenhaut wird in ihrem grösseren weissen hinteren Abschnitt Sclerotica (Fig. 39, 3), in ihrem vor der Linse befindlichen durchsichtigen vorderen kleineren Abschnitt (Fig. 39, 5) Cornea (Hornhaut) genannt. Sie entsprechen zusammen der Dura mater, welche als Vagina fibrosa nervi optici (Duralscheide des Sehnerven, s. Neurologie S. 816) (Fig. 39, 2), am Opticus-Eintritt sich mit ihnen in continuirliche Verbindung setzt. — Die innere Hülle (Leptomeninx) oder Gefässhaut des Augapfels (Tunica uvea) (Fig. 39, 6—8) enthält die Elemente der Arachnoides und Pia des Gehirns. Die Uvea ist abgesehen vom Gefässreichthum gewöhnlich noch durch reichliche Pigmentirung charakterisirt und bildet dadurch im Verein mit dem Netzhautepithel (dem äusseren Blatt der secundären Augenblase) den dunklen Hintergrund des Augapfels, auf welchem die Netzhaut sich ausspannt, um durch die durchsichtigen Medien: Cornea, Linse und Glaskörper hindurch Licht zu erhalten. Ursprünglich liegt die fibröse Augenhaut der Uvea überall dicht an, ebenso wie der vorderen Fläche der Linse. Später hebt sich die Cornea mehr und mehr vom vorderen Abschnitt der Uvea ab *). Letzterer liegt nun als frontal gestellter Schirm unmittelbar der vorderen Fläche der Linse an (Fig. 39, 8) und ist mit einem den centralen Partieen der Linse entsprechenden centralen kreisförmigen Ausschnitt versehen, welcher Pupille (Sehloch) genannt wird. Es schiebt sich also dieser vordere Abschnitt der Uvea, die Iris (Regenbogenhaut) als ein Diaphragma mit runder Oeffnung vor die Linse und erlaubt dem Lichte, da sie selbst undurchsichtig ist, den Zugang zur Retina nur durch die centralen Partieen der Linse. Zwischen Iris und Cornea befindet sich nunmehr im entwickelten Auge ein ansehnlicher mit wasserklarer Flüssig-

*) Dass dabei ein uvealer Bestandtheil sich der Cornea anschliesst, wird unten beschrieben werden.

keit (Humor aqueus) erfüllter Raum, die vordere Augenkammer (Fig. 39, 14). Der hintere Abschnitt der Uvea, die Chorioides (Chorioidea, Aderhaut)

Fig. 39.

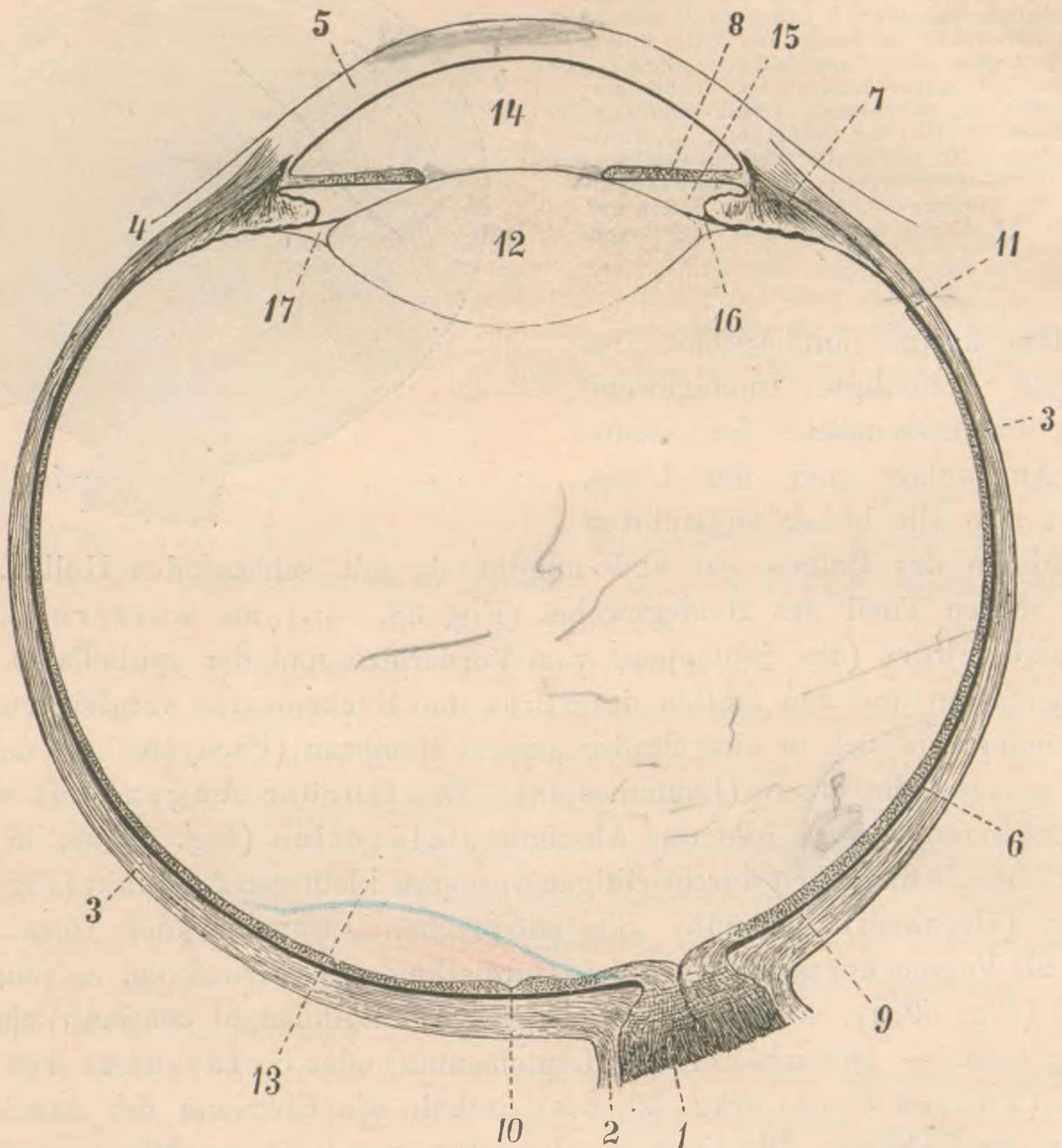


Fig. 39. Horizontalschnitt durch den Augapfel. Mit geringen Modificationen nach Merkel.

1, N. opticus; 2, dessen Duralscheide, in die Sclera übergehend; 3, Sclerotica; 4, Conjunctiva sclerae; 5, Cornea; 6, Chorioides; 7, Ciliarkörper mit den nach innen vorragenden, der Zonula (16) aufliegenden Ciliarfortsätzen; 8, Iris; 9, Retina; 10, deren Fovea centralis; 11, Ora serrata retinae; 12, Linse; 13, Glaskörper; 14, vordere Augenkammer; 15, hintere Augenkammer; 16, Zonula ciliaris; 17) Petit'scher Kanal.

(Fig. 39, 6 u. 7), vom Cornealrande bis zum Opticus-Eintritt, bewahrt seine Anlagerung an die Sclera, wird von ihr nur durch ein System capillarer Spalträume (Perichorioidalraum) getrennt, welche an unserer Figur wegen ihrer Feinheit nicht wiedergegeben werden konnten. Von der inneren Seite des stumpfen Winkels, in welchem Chorioides und Iris sich vereinigen, erheben sich im ganzen Umfange des Augapfels zahlreiche Fortsätze, die somit hinter der Iris in der Richtung zum Linsenrande vorspringen, diesen aber nicht erreichen (Fig. 39, über 16, von 7 ausgehend). Sie heissen Ciliarfortsätze (Processus ciliares). Durch eine eigenthümliche radiär zur Linsen-Peripherie gefaserte Membran, die Zonula ciliaris s. Zinnii (Strahlenbändchen) (Fig. 39, 16) werden die Ciliarfortsätze mit dem Rande der Linse in Verbindung gebracht. Zwischen hinterer Fläche der Iris einerseits, vorderer Fläche der Ciliarfortsätze, der Zonula und der Linse andererseits findet sich ein zweiter mit Flüssigkeit erfüllter spaltförmiger Raum, die hintere Augenkammer (Fig. 39, 15), welche

durch die zwischen hinterer Fläche der Iris und vorderer Fläche der Linse befindliche capillare Spalte mit der vorderen Augenkammer communicirt. Ein anderer ringförmig den Linsenrand umgebender Raum, der Petit'sche Kanal (*Canalis Petiti*) (Fig. 39, 17) befindet sich zwischen Zonula und vorderer Fläche des Glaskörpers (Fig. 39, 13). Den hinter der Linse innerhalb der Retina befindlichen und vom Glaskörper ausgefüllten Raum kann man als Glaskörperraum bezeichnen.

Zur Vervollständigung dieser auf entwicklungsgeschichtlicher Basis gegebenen Uebersicht über die Theile des Augapfels mögen noch einige Angaben über innere Dimensionen des Augapfels folgen. Es sind hier von besonderer Wichtigkeit die in der Augenaxe gelegenen. Die Entfernung vom Hornhautscheitel bis zur vorderen Fläche der Linse beträgt etwa 4 mm, wovon 3 mm auf die Tiefe der vorderen Augenkammer kommen (im Mittel 3,19 mm nach Horstmann); die Axe der Linse misst ebenfalls 4 mm, die Entfernung der Linse von der Netzhaut beträgt 14,5 mm und die Dicke von Retina, Chorioides und Sclerotica zusammen am hinteren Pole 2 mm. Ueber die übrigen Dimensionen s. die einzelnen Theile.

A) Sehlappen (Ophthalmencephalon).

Der vom primären Vorderhirn sich abgliedernde Sehlappen wird in seinem Stiel zum Sehnerven (N. opticus), in seiner Ausbreitung zur secundären Augenblase zur Netzhaut (Retina), und zwar bildet das äussere Blatt der secundären Augenblase das Retina-Epithel (Pigmentepithel), das dickere innere Blatt die übrigen Schichten der Netzhaut.

I. Der Sehnerv (N. opticus).

Der Verlauf des Sehnerven innerhalb der Orbita ist nicht geradlinig, sondern durch eigenthümliche constante Biegungen charakterisirt. Dieselben sind zweierlei Art: 1) eine S förmige Biegung. Nach seinem Eintritt in die Orbita beschreibt der Sehnerv zunächst einen mit seiner Convexität nach unten lateralwärts gerichteten Bogen, dessen weiteste Ausbiegung an die Innenfläche des Musc. rectus lateralis heranreicht. An diesen Bogen setzt sich ein zweites Bogenstück an mit schwächerer medianwärts gerichteter Convexität. Dadurch gelangt der Opticus wieder in die Axe des von den geraden Augenmuskeln gebildeten Kegels, in welcher er nunmehr bis zum Bulbus verläuft. 2) Ausser dieser eben beschriebenen S förmigen Krümmung zeigt der Sehnerv noch eine Torsion um seine Längsaxe, der Art, dass die zuvor untere Fläche weiter nach dem Augapfel hin zur lateralen (temporalen) wird. Die Torsion erfolgt also von medianwärts über unten nach lateralwärts und oben, d. h. in der Richtung eines sich bewegenden Uhrzeigers. Sie beginnt an der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel des intraorbitalen Sehnerven und ist je näher dem Augapfel, um so stärker ausgeprägt *).

1) Scheiden des Sehnerven. Der Sehnerv wird innerhalb der Orbita von Fortsetzungen der Hirnhüllen umgeben. Die äussere fibröse Scheide, Vagina fibrosa (äusseres Neurilemm) ist die Fortsetzung der Dura mater und wird als Duralscheide bezeichnet (Fig. 40, 5). Die der Oberfläche des

*) Diese Angaben entnehme ich einer im Königsberger anatomischen Institut kürzlich ausgeführten und demnächst erscheinenden Arbeit von Vossius, deren Resultate mir derselbe gütigst zur Verfügung stellte.

Sehnerven innig anliegende gefässreiche Fortsetzung der Pia mater ist das innere Neurilemm oder die Pialscheide des Sehnerven (Fig. 40, 7). Der zwischen beiden befindliche Spaltraum (intervaginaler Raum) wird durch eine feine Fortsetzung der Arachnoides (Arachnoidalscheide des Sehnerven) (Fig. 40, 6) in eine feine äussere und geräumigere innere Abtheilung geschieden. Erstere ist eine Fortsetzung des Subduralraumes, letztere communicirt mit den Subarachnoidalräumen des Gehirns. Von der Arachnoidalscheide zur Pialscheide spannt sich ein Netzwerk von subarachnoidalen mit Endothelscheiden versehenen Bälkchen. Die Arachnoidalscheide ist mit der Vagina fibrosa durch kurze feine unverästelte Bälkchen straff verbunden, sodass zwischen beiden nur ein sehr feiner Spaltraum übrig bleibt. — Innerhalb des Canalis opticus ist die Dural-scheide mit den beiden inneren Scheiden und dem Sehnerven fest verwachsen; nur an der unteren Seite des Nerven ist die Verbindung eine mehr lockere, die Communication der Zwischenscheidenräume mit dem Subduralraume und den Subarachnoidalräumen des Gehirns eine ergiebigere.

Fig. 40.

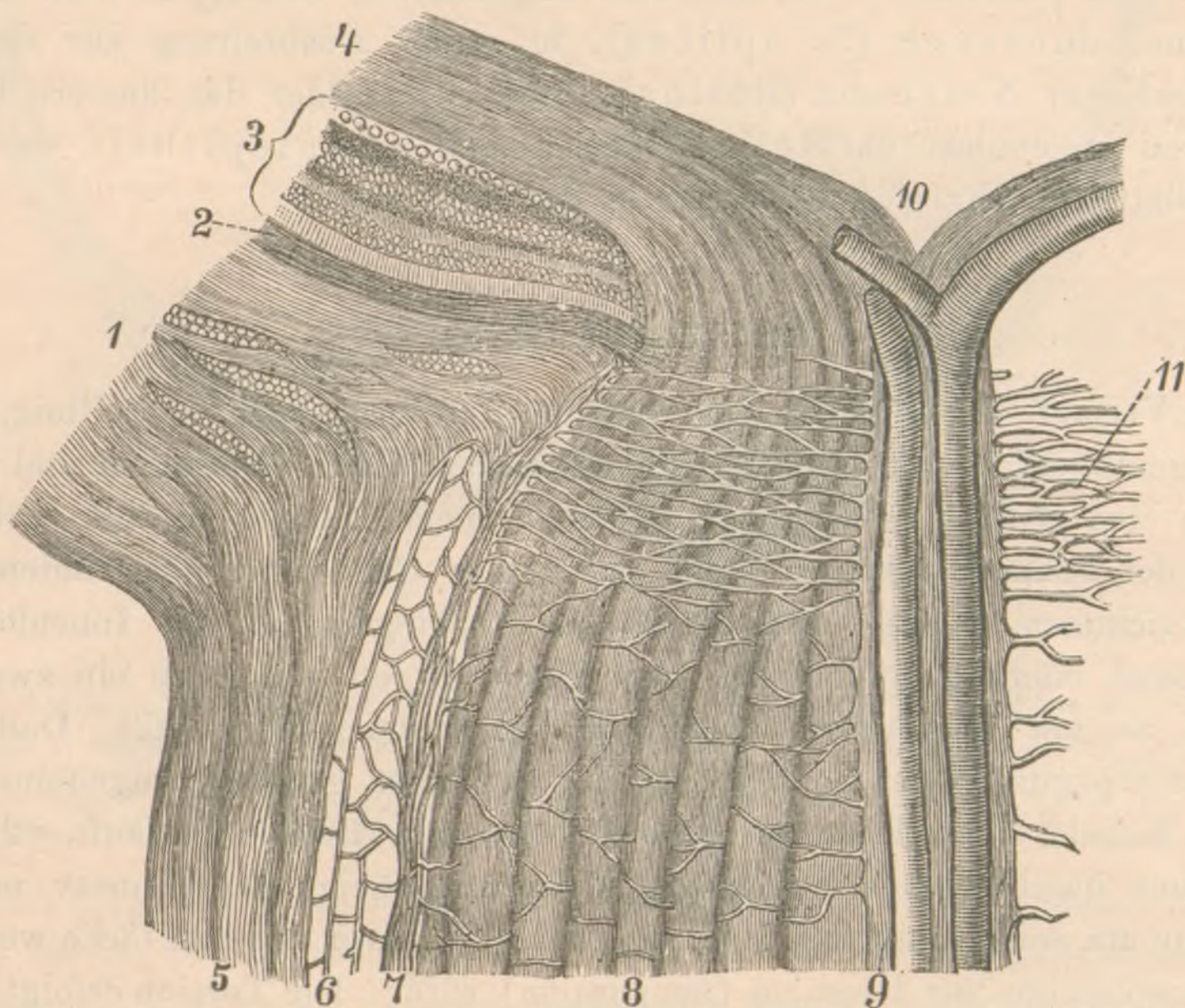


Fig. 40. Durchschnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven.

1, Sclera; 2, Chorioides; 3, Schichten der Retina; 4, Ausbreitung der Opticusfasern auf der inneren Oberfläche der Netzhaut; 5, Duralscheide des Sehnerven; 6, dessen Arachnoidalscheide; 7, Pialscheide des Sehnerven; 8, Bündel des N. opticus, von Bindegewebe durchflochten; 9, centraler Bindegewebsstrang mit A. und V. centralis; 10, physiologische Excavation der Papilla optici; 11, Lamina cribrosa sclerae.

Ueber die Injectionen der beiden zwischen den Schéiden des Opticus gelegenen Spalträume vom subduralen bzw. von den subarachnoidalen Räumen aus s. Neurologie S. 785 u. 790. Knies fand bei Injectionen „in den Sehnerven“ in centripetaler Richtung, dass die Injections-masse mit Leichtigkeit in den anderen Opticus übergeht. Kuhnt vermochte dagegen bei niederem Druck (20 mm) von den Zwischenscheidenräumen des einen Opticus aus die Injections-masse nicht in die des anderen zu treiben; es gelang dies nur bei sehr hohem Druck. Eine Erklärung der sympathischen Ophthalmie ist daher auf diesem Wege noch nicht gelungen.

Beim Eintritt des Opticus in den Augapfel biegt die Duralscheide unter einem stumpfen Winkel (100 bis 110°) in die äusseren zwei Dritttheile der

Sclerotica um (Fig. 40), indem ihre Faserung in die der letzteren übergeht. Da wo die innersten Fasern der Duralscheide in die Sclera umbiegen, endet der subarachnoidale Raum zugespitzt zwischen Sclera und Pialscheide, nachdem schon zuvor die Arachnoidalscheide mit der Duralscheide verschmolzen war. Unmittelbar nach innen vom blinden Ende des intervaginalen Raumes biegt die Pialscheide mit dem grössten Theil ihrer Faserung ebenfalls in die Sclera und zwar in deren inneres Drittel um, lässt aber andererseits noch einen Zusammenhang ihrer innersten Fasern mit der Chorioides erkennen. Das Ende des intervaginalen Spaltraumsystems liegt also bereits innerhalb der Sclera. Es kann sogar in einzelnen Fällen noch eine Strecke weit parallel der inneren und äusseren Fläche der Sclera zwischen deren innerem und mittlerem Drittel vordringen (Michel).

Die engste Stelle des Durchtrittsloches für den Sehnerven liegt entweder im Niveau der Glaslamelle der Chorioides oder in den Ebenen des inneren Drittels der Sclera; im letzteren Falle kann der Kanal innerhalb dieses Theiles der Sclera und innerhalb der Chorioides die gleiche Weite beibehalten, er kann sich aber auch nach der Chorioides hin erweitern (Kuhnt).

2) Nervenstamm.

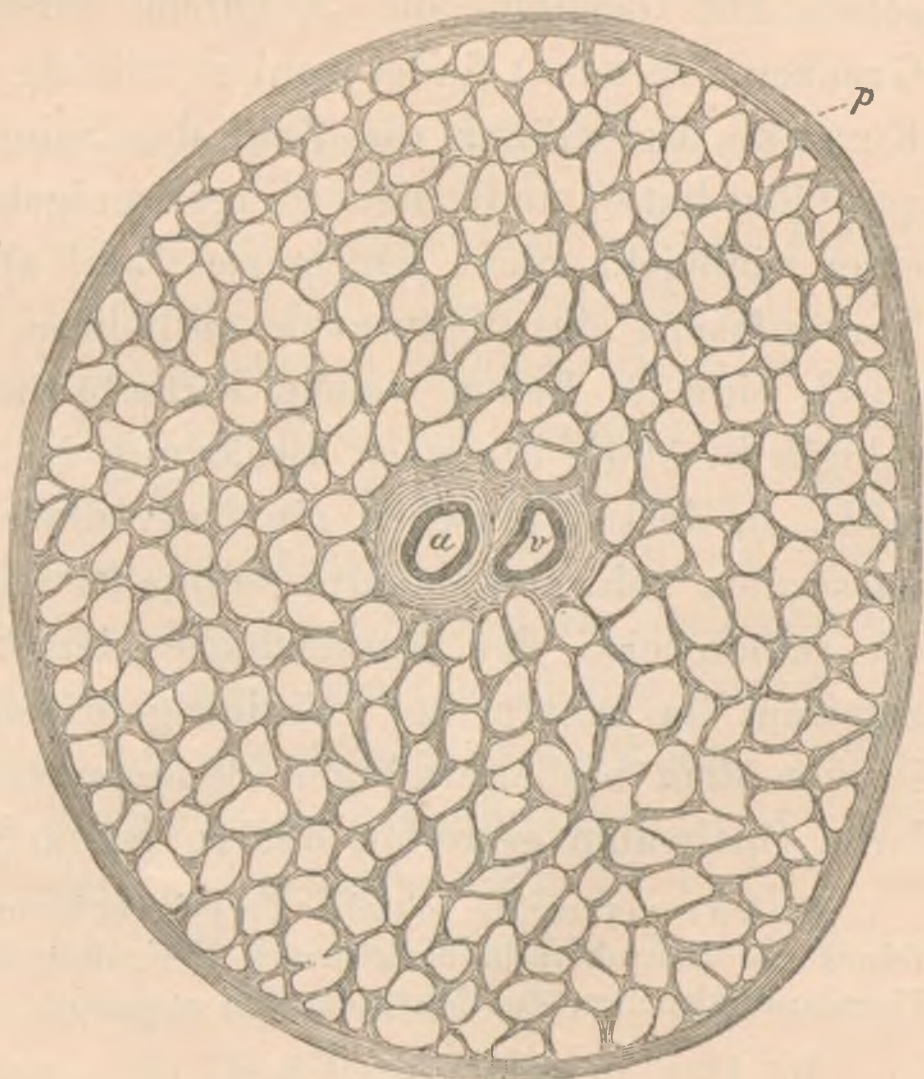
Der Sehnerv besteht nicht in seiner ganzen Ausdehnung aus markhaltigen Nervenfasern. An jedem bis in den Augapfel hineinreichenden Längsschnitte erkennt man vielmehr schon mit unbewaffnetem Auge, dass in der Höhe des Ueberganges der Vagina fibrosa in die Sclerotica die weisse Farbe der Schnittfläche mit einer scharfen nach dem Innern des Auges zu leicht concaven Linie aufhört und einer grau durchscheinenden Platz macht. Es sind von dieser Linie an bis zu ihrer Endigung die Fasern des Sehnerven marklos.

a) In der ganzen Länge des markhaltigen Theiles des Sehnerven ist die Pialscheide innig der Oberfläche des Nerven angeschmiegt (Fig. 41,p)

Fig. 41.

Fig. 41. Querschnitt durch den Sehnerven des Menschen in etwa 1 Cm Entfernung vom Augapfel. ²²/₁.

Innerhalb eines centralen Bindegewebsstranges bemerkt man die Querschnitte der Centralgefässe: a, Arterie. v, Vene. Die Pialscheide p sendet zahlreiche Fortsätze in das Innere des Nerven, welche die einzelnen Nervenfaserbündel von einander sondern.



und entsendet von ihrer inneren Oberfläche zahlreiche bindegewebige Balken und Septen in das Innere des Sehnerven, die sich unter einander netzförmig verbinden und dadurch den Nerven in eine sehr grosse Zahl (etwa 800) von Nervenfaserbündeln zerklüften. In den axialen Partien jedes Septum oder Balkens verläuft je ein Gefäss, dessen Kaliber sich nach der Stärke des einschliessenden Balkens richtet. — Eine Modification erleidet dieses Bild in einer Entfernung von 15 bis 20 mm vom Augapfel. Innerhalb dieser Strecke dringen nämlich

von 15 bis 20 mm vom Augapfel. Innerhalb dieser Strecke dringen nämlich

die Art. und Ven. centralis retinae in den Opticus ein, und zwar die Arterie gewöhnlich früher, etwas weiter vom Auge entfernt. Die Eintrittsstelle der Gefäße entspricht dem lateralen (temporalen) unteren Quadranten (Vossius). Sie dringen schräg in den Sehnerven ein und gelangen so rasch zur Axe desselben, eine Einsenkung der gesamten Pialscheide mit sich nehmend, die nun zu einem centralen Bindegewebsstrange des Sehnerven wird (Fig. 41, Umgebung von a u. v; Fig. 40, 9), in welchem Arterie und Vene neben einander nach dem Auge zu verlaufen, von einem feinen ganglienlosen Nervenplexus umspinnen (W. Krause). Mit der Pialeinstülpung werden kleinere Gefäße eingestülpt, andere feine Gefäße werden im weiteren Verlauf der Centralgefäße abgegeben; beide dienen der Ernährung der centralen Partien des Nerven, während die peripheren Theile nach wie vor durch die von aussen her aus der Pialscheide eindringenden Gefäße versorgt werden.

Die Centralgefäße gelangen in die Axe des Opticus in Folge desselben Einstülpungsvorganges, der zur Bildung der sog. Augenspalte an der unteren Seite der secundären Augenblase führt. Es steht also das sich in den Sehnerven einstülpende Gewebe in continuirlichem Zusammenhang mit dem Gewebe der Glaskörpereinstülpung (vergl. oben S. 80). Die Einstülpung betrifft aber nur den dem Auge benachbarten Theil des Sehnerven. — Die Eintrittsstelle der Centralgefäße, die sich nach den im hiesigen anatomischen Institut ausgeführten Untersuchungen von Vossius im lateralen unteren Quadranten des Sehnerven befindet, bezeichnet demnach mit Bestimmtheit die Stelle, wo wir das hintere Ende der ehemaligen fötalen Augenspalte zu suchen haben, ein in ihrer Verlängerung über den Bulbus gezogener Meridian etwa die Lage der fötalen Augenspalte selbst. Dieselbe ist also in Folge einer während des embryonalen und postembryonalen Wachstums sich vollziehenden Rotation des Augapfels in der Richtung von unten nach lateralwärts und oben aus ihrer ursprünglichen Lage in den unteren lateralen Quadranten gerückt. Es ist diese Thatsache von Wichtigkeit für die Entscheidung der Frage, ob die Fovea centralis der Netzhaut in ihrer Lage der fötalen Augenspalte entspricht.

Die Nervenfaserbündel bestehen aus feinen markhaltigen Nervenfasern von durchschnittlich 2μ Durchmesser. Zwischen ihnen sind zahlreiche unmessbar feine, spärlicher dickere von 5 bis 10μ Durchmesser enthalten. Die Zahl der im Sehnerven enthaltenen Nervenfasern ist sehr schwer zu bestimmen. Es schwanken deshalb die Angaben verschiedener Beobachter innerhalb weiter Grenzen. Kuhn^t findet wohl zu niedrig etwa 40,000, Salzer ungefähr 500,000; Krause, der früher die Zahl der Sehnervenfasern auf mindestens eine Million geschätzt hatte, findet neuerdings wenigstens 400,000 stärkere und feinere neben einer vielleicht nicht geringeren Zahl allerfeinster Fasern. — Die markhaltigen Nervenfasern des Sehnerven entbehren der Schwann'schen Scheide. Sie sind durch eine im Leben weiche Kittsubstanz, eine Neuroglia, verkittet (vergl. Neurologie S. 304), die nach Erhärtung in Alkohol gerinnt und ein Reticulum darstellt, in dessen Maschen die Nervenfasern enthalten sind. Die Neuroglia birgt ausserdem zahlreiche platte zellige Elemente, welche Endothelzellen vergleichbar oft reihenweise der Aussenfläche der Nervenfaserbündel aufliegen, aber auch zerstreut im Innern der Bündel gefunden werden. Die Oberfläche der Bündel ist von dem bindegewebigen Septensystem des Opticus meist durch einen capillaren Spaltraum getrennt, der zu einem lymphatischen Saftbahnsystem gehört.

Kuhn^t vermochte mittelst Trypsinverdauung in den Nervenfaserbündeln des Opticus ein feines aus Neurokeratin bestehendes Reticulum darzustellen, das aber möglichenfalls doch den Hornbestandtheilen der Markscheiden angehört.

b) Der marklose Theil des Sehnerven dringt durch den engen von den inneren Schichten der Sclera und von der Chorioides gebildeten Ring in das Innere des Bulbus bis zur inneren Fläche der Netzhaut vor, um von

dieser aus radiär nach allen Seiten in die Netzhaut überzugehen (Fig. 40, 4). Es liegt also ein Theil des Sehnerven innerhalb der Sclera und Chorioides, ein anderer innerhalb der Retina. Wir bezeichnen letzteren als *Papilla optici*, die innerhalb der äusseren Augapfelhüllen gelegene Strecke des Sehnerven aber als Gegend der *Lamina cribrosa* und beschreiben hier nur letztere, indem wir die *Papilla optici* dem Kapitel: „Netzhaut“ zuweisen.

Das Gebiet der *Lamina cribrosa* ist zunächst durch eine bedeutende Abnahme des Sehnerven-Durchmessers, der von 3 mm auf 1,5 mm herabsinkt, charakterisirt. Diese Kaliberabnahme des Nerven ist vorzugsweise auf den Verlust der Markscheiden seiner Fasern zurückzuführen, zum Theil auch auf Abnahme der Neuroglia (Kuhnt). Die einzelnen Nervenfaserbündel werden in Folge dessen innerhalb der *Lamina cribrosa* bedeutend dünner; sie werden ferner zahlreicher und verflechten sich reichlicher. Die trennenden Bindegewebsbalken aber werden dicker, sind vorzugsweise querverlaufend (Fig. 40, 11) und schliessen verhältnissmässig enge Maschenräume ein, sodass diese Bindegewebsausbreitung an Querschnitten den Eindruck einer siebförmig durchbrochenen Bindegewebsplatte macht, welche sich vom centralen Bindegewebsstrange zum Rande der Sclera erstreckt und hier in das Gewebe der letzteren übergeht. An Längsschnitten (Fig. 40) erkennt man leicht, dass die *Lamina cribrosa* in der That durch eine reichliche Einstrahlung von Bindegewebsbündeln aus der Sclera gebildet wird, welche in mehreren Etagen (3 bis 8) über einander aus dem inneren Drittel der Sclerotica entspringen und in sanften Bogen zum centralen Bindegewebsstrange verlaufen. Alle diese Balken der *Lamina cribrosa* enthalten ebenfalls je ein Blutgefäss, sodass hier an der Basis der *Papilla optici* ein besonders reiches Gefässnetz den Sehnerven durchzieht, welches eine Verbindung zwischen dem Ciliar- und Netzhautgefässsystem vermittelt (vergl. unten: Gefässe der Sehnerven und der Netzhaut). Zartere Bälkchen gelangen auch von der Chorioides in den Sehnerven hinein (*Chorioidaltheil der Lamina cribrosa* [Kuhnt]) (vergl. Fig. 40) und mit ihnen eine Fortsetzung der Aderhautcapillaren (Leber).

II. Die Netzhaut. (Retina, Nervenhaut, Innere Augenhaut).

Die Netzhaut ist ein Product der secundären Augenblase. Deren äusseres Blatt liefert die unter dem Namen *Pigment-Epithel* (*Retina-Epithel*) bekannte gewöhnlich pigmentirte Lage, ein einschichtiges Epithel; dasselbe wurde wegen seiner Pigmentirung früher fälschlich zur Chorioides gerechnet, mit der es genetisch nichts zu thun hat. Aus dem stark sich verdickenden inneren Blatte der secundären Augenblase entsteht die eigentliche Netzhaut, welche durch die Ausbreitung der Sehnervenfasern und den complicirten optischen Endapparat ausgezeichnet ist. Die Verdickung dieses inneren Blattes betrifft aber nicht den ganzen Umfang des Bechers der secundären Augenblase, sondern findet sich nur im Gebiet der hinteren 2 Drittheile des Augapfels, reicht nach vorn nur bis zum Anfang der Region der Ciliarfortsätze (Fig. 39 bis 11). Auf der inneren Oberfläche der letzteren besteht die Fortsetzung des inneren Augenblasenblattes nur noch aus einem einschichtigen *Cylinderepithel*, das mit der Fortsetzung des ihm aussen anliegenden *Pigmentepithels* die *Pars ciliaris retinae* bildet. Auf die hintere Fläche der Iris erstreckt sich scheinbar nur

eine Fortsetzung des Pigmentepithels bis zum Pupillarrande; die Entwicklungsgeschichte zeigt jedoch (vergl. Fig. 38, 5), dass auch hier zwei deutlich gesonderte aus je einer einfachen Epithellage bestehende Blätter vorhanden sind, die am Pupillarrande in einander umbiegen und auch später noch deutlich genug nachgewiesen werden können (*Pars iridica retinae*) (vergl. unten: Iris).

Wir haben also die secundäre Augenblase in drei Zonen einzutheilen, deren jede beide Blätter umfasst. Im Gegensatz zu der *Pars ciliaris* und *iridica* mag der mit Sehnervenfaser und optischem Endapparat ausgerüstete Haupttheil der Retina als *Pars optica retinae* (physiologische Retina) bezeichnet werden. Von ersteren erscheint dem unbewaffneten Auge nichts weiter, als eine die innere Oberfläche des Ciliarkörpers und der Iris bedeckende schwarze Pigmentirung. Das innere Blatt der *Pars optica* dagegen, die eigentliche Netzhaut, erscheint im frischen Zustande als eine zarte durchsichtige Membran, welche an ihrem vorderen Ende jäh abfallend, also unter plötzlicher Verdünnung, in das innere pigmentlose Blatt der *Pars ciliaris* übergeht. Da man letzteres mit unbewaffnetem Auge nicht mehr wahrnehmen kann, so scheint die eigentliche Netzhaut vorn am Anfange des Ciliarkörpers mit einem unregelmässig fein gezackten Rande (*Ora serrata*) aufzuhören (Fig. 39, 11). Im Gebiet der eigentlichen Netzhaut zeichnen sich zwei Stellen durch besondere Eigenthümlichkeiten vor den übrigen aus. Die eine derselben liegt ungefähr 4 mm medianwärts vom hinteren Pole des Augapfels und ist die Stelle des Sehnerveneintritts (*Papilla optici*). Sie erscheint als ein kreisrunder weisser Fleck (Fig. 42) von 1,5 bis 1,7 mm Durchmesser, in dessen leicht vertiefter Mitte (physiologische Excavation) die Centralgefässe des Sehnerven aus letzterem auftauchen, um sich wie die Sehnervenfaser in der Netzhaut auszubreiten. Die zweite lateralwärts von der Papille gelegene charakteristische Localität (Fig. 42 im Centrum) ist durch eine diffuse gelbe Pigmentirung ausgezeichnet und wird deshalb als *Macula lutea* bezeichnet.

Fig. 42.



Fig. 42. Die hintere Hälfte der Netzhaut des linken Auges von vorn. Nach Henle. $\frac{2}{1}$.

s, Durchschnittsrand der Sclerotica, ch, der Chorioides, r, der Retina. Im Centrum der letzteren erkennt man die Fovea centralis; der helle Fleck links davon entspricht der Papilla optici, von deren Mitte die Gefässe der Netzhaut sich ausbreiten.

Sie ist von querovaler Gestalt, am Rande weniger stark gefärbt, wie in den inneren Theilen. In ihrem Centrum befindet sich eine ungefärbte sehr stark verdünnte Stelle, die Fovea centralis, welche in ihrer Lage nahezu dem hinteren Pole des Augapfels entspricht.

Am vollkommen frischen Auge und im Augenspiegelbilde ist die gelbe Farbe der Macula in situ nicht zu erkennen, weil die transparente Netzhaut das Pigmentepithel und die gefäss- und pigmentreiche Chorioides hindurchscheinen lässt. Da die Fovea die dünnste, also auch durchsichtigste Stelle der Retina ist, ausserdem kein eigenes Pigment besitzt, so wird hier die Chorioidalfarbe am deutlichsten sein: es erscheint die Fovea im

frischen Auge in situ als braunrothe oder braune Stelle. Ganz anders an der abgelösten frischen Netzhaut; hier ist die gelbe Farbe der Macula sofort erkennbar und in ihrem Innern die Fovea als miliarer ungefärbter Fleck. An abgestorbenen Augen kommt die gelbe Farbe der Macula auch in situ zur Geltung. Die Retina trübt sich nämlich sehr bald nach dem Tode, sie wird undurchsichtig und lässt nun im Gebiet der Macula die nicht durch das unterliegende Pigment verhüllte Eigenfarbe derselben erkennen. — Der grösste, transversale Durchmesser der Macula misst etwa 2 mm, der Durchmesser der Fovea nur 0,2 bis 0,4 mm. Der direkte Abstand zwischen der Macula lutea und dem Centrum der Papilla optici beträgt nach Landolt in normalsichtigen Augen 3,915 mm; sie liegt zugleich ein Geringes, nämlich 0,785 mm unterhalb der Horizontalebene der Papille, gehört also demselben Quadranten an, wie die Eintrittsstelle der Centralgefässe in den Sehnerven (s. o. S. 86).

Bisher ist die frische dem lebenden Thiere entnommene Netzhaut mit Ausnahme der Macula lutea als farblos bezeichnet worden. So erscheint dieselbe aber nur nach längerer Belichtung. Schon H. Müller, Leydig und M. Schultze waren rothe Färbungen der Netzhaut bei verschiedenen Wirbelthieren aufgefallen. Erst Boll aber lenkte auf diese Thatsache die allgemeine Aufmerksamkeit, erkannte eine purpurrothe Farbe als allgemeine Eigenschaft der Netzhaut und constatirte, dass dieselbe besonders schön bei Thieren, welche im Dunkeln gehalten waren, zur Beobachtung kommt, während stark belichtete Netzhäute farblos erscheinen. Er war aber der Meinung, dass die Retinafarbe von dem Leben des Thieres abhängig sei, mit dem Tode vergehe, langsamer bei Kaltblütern, als bei Warmblütern. Kühne zeigte jedoch, dass das Verschwinden der rothen Farbe nicht eine Erscheinung des Absterbens sei, sondern lediglich eine Wirkung des Lichtes. Die unbelichtete Netzhaut besitzt eine purpurrothe Farbe, welche sie einem nur die Aussenglieder der Stäbchen (s. unten) imprägnirenden eigenen Farbstoff, dem Sehpurpur (Rhodopsin; von Boll später als Sehroth bezeichnet) verdankt. Dieser Sehpurpur kommt auch der menschlichen Netzhaut zu (Fuchs und Welpner, Schenk und Zuckerkandl); nur der Macula lutea und Fovea centralis, sowie einer 3 bis 4 mm breiten Randzone der Ora serrata (Kühne) fehlt das Rhodopsin. Unter der Einwirkung des Lichtes geht die Farbe der Netzhaut meist durch roth, orange, gelb und chamois zur Farblosigkeit über. Diese Farbenveränderung erklärt sich aus der Beimengung eines Zersetzungsproduktes vom Sehroth, des Sehgelb (Xanthopsin), welches sich in langwelligem (rothem) Licht langsamer zersetzt. In kurzwelligem z. B. blauem Licht zersetzt sich das Sehgelb dagegen rascher als der Purpur; in diesem Falle geht dann die Purpurfarbe direkt durch rosa oder lila in Farblosigkeit über.

Ist die Retina abgeblasst, so findet im Dunkeln rasch eine Wiederherstellung des Sehpurpurs statt; beim Frosch ist nach 1 bis 2 Stunden, beim Kaninchen schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde der Sehpurpur wieder vollkommen regenerirt. Die Regeneration (Rhodogenese) tritt auch am zuvor belichteten überlebenden herausgeschnittenen Auge (Frosch) ein und ist entweder nur eine Herstellung des Sehpurpurs aus noch vorhandenen Resten des zersetzten Farbstoffs (Anagenese), oder es wird der Sehpurpur vollkommen neu gebildet (Neogenese [Kühne]). In letzterem Falle ist das Retina-Epithel (äusseres Blatt der secundären Augenblase) als die

Schicht zu betrachten, welche den Farbstoff liefert, also als ein regenerirendes Epithel. Eine überlebende ausgebleichte Netzhaut wird im Dunkeln nur dann wieder purpurfarben, wenn sie auf ihrer Aussenseite noch mit dem Retina-Epithel in Berührung ist. — Ueber die Vertheilung des Sehpurpurs auf die Formelemente der Retina s. unten.

Vom Rande der Papilla optici an nimmt die Dicke der Netzhaut im Allgemeinen nach der Ora serrata hin langsam ab. Während ihre Dicke dicht an der Papille etwa 0,4 mm beträgt, misst sie in 8 mm Entfernung davon (auf der Nasenseite) nur noch 0,2 mm und sinkt an der Ora serrata bis auf 0,1 mm herab. An der lateralen (temporalen) Seite ist in der Richtung des horizontalen Meridians eine bedeutende Störung der regelmässigen Dickenabnahme durch die Macula lutea und Fovea centralis gesetzt; die dickste Stelle der Macula kann bis 0,49 mm betragen, während die Verdünnung im Grunde der Fovea bis auf 0,1—0,08 mm herabsinkt.

Ueber das Vorkommen einer Fovea centralis und Macula lutea bei Thieren, sowie über die morphologische Auffassung der Fovea s. unten am Schluss der speziellen Beschreibung.

Die Fovea centralis wurde früher als Foramen centrale beschrieben; die Entstehung eines solchen Loches ist eine Leichenerscheinung, ebenso wie das Auftreten einer zwischen Papilla optici und Macula verlaufenden Falte, der sog. Plica centralis. Durch eine solche Faltenbildung wird leicht eine Zerreiſsung der Fovea eintreten.

Die Verbreitung des Sehpurpurs in der Wirbelthierreihe ist überall an die Aussenglieder der Stäbchen (s. unten) gebunden; er fehlt also, wo nur Zapfen vorhanden sind. Bei einigen Säugethieren (Kaninchen, Ochs, Schaf, Hund, Katze) ist die Purpurfarbe innerhalb eines horizontalen Streifens viel intensiver (Sehleiste, Sehgürtel [Kühne]). — Bei Wirbellosen kommt Sehpurpur nicht vor; der rothe Farbstoff, der hier vielfach in der Netzhaut gefunden wird, verhält sich wesentlich anders, ist viel lichtbeständiger.

A. Pars optica retinae. (Eigentliche Netzhaut, physiologische Retina).

Wir haben hier zu unterscheiden: 1) das Gebiet der Papilla optici und 2) das Gebiet der Nervenausbreitung.

I. Gebiet der Papilla optici.

Die Beziehungen des mit dem optischen Endapparat ausgestatteten Theiles der Retina zur Papille lassen sich am einfachsten verstehen, wenn man dem ersteren an der betreffenden Stelle ein nahezu kreisrundes Loch zuschreibt, durch welches die Sehnervenbündel mit den axialen Centralgefäßen von aussen nach innen hindurchziehen, um sich, ein wenig jenseits des Niveaus der inneren Oberfläche der Netzhaut angelangt, so zu sagen springbrunnenartig nach allen Richtungen auf dieser Oberfläche auszubreiten (Fig. 43). In Folge dieser Anordnung wird also die Opticuspapille aus einem individuell verschieden entwickelten Ringwall und einer centralen Vertiefung, der sog. physiologischen Excavation, bestehen (Fig. 43, 10), die ebenfalls im Einzelnen eine verschiedene Ausdehnung und Tiefe besitzen kann. In extremen Fällen nimmt sie $\frac{2}{3}$ des Papillendurchmessers ein; ihr Grund kann sogar bis zum Niveau der Chorioides zurücksinken. Sie ist dann natürlicher Weise von steileren Wandungen begrenzt, als in den Fällen, wo sie nur eine sanfte centrale Depression darstellt. Meist erhebt sich der Wall von der Excavation steiler an der Seite der Macula, wie an der entgegengesetzten, weil hier die Netzhaut in allen ihren

Fig. 43.

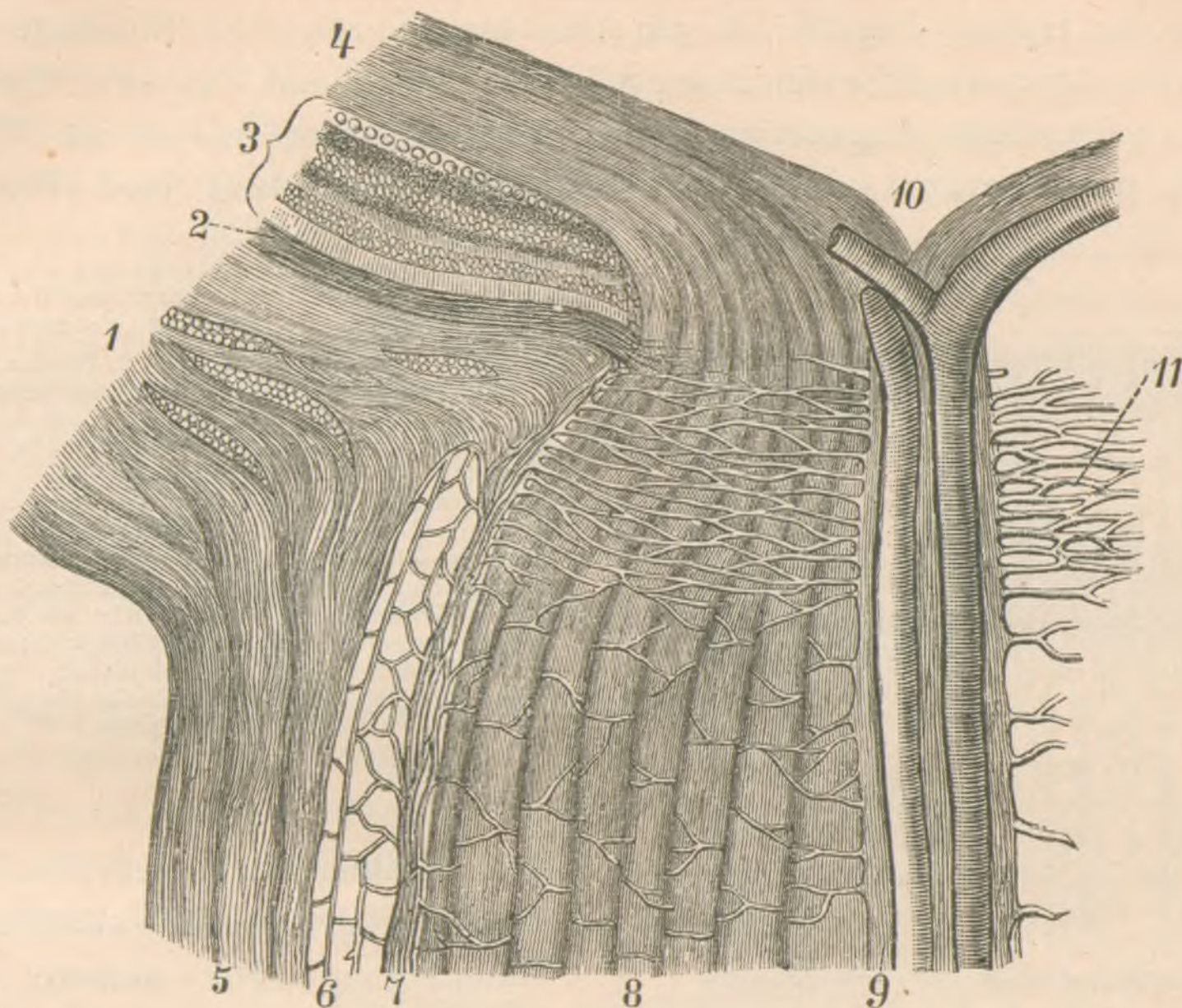


Fig. 43. Durchschnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven.

1, Sclera; 2, Chorioides; 3, Schichten der Retina; 4, Ausbreitung der Opticusfasern auf der inneren Oberfläche der Netzhaut; 5, Duralscheide des Sehnerven; 6, dessen Arachnoidalscheide; 7, Pialscheide des Sehnerven; 8, Bündel des N. opticus, von Bindegewebe durchflochten; 9, centraler Bindegewebsstrang mit A. und V. centralis; 10, physiologische Excavation der Papilla optici; 11, Lamina cribrosa sclerae.

Schichten gleichmässig abgeschnitten aufhört, während sie an der medialen Seite sich zuschärft und zwar mit den äusseren Schichten am weitesten nach innen vorragt. In diesen Fällen ist auch die Excavation nicht central, sondern ein wenig nach der Seite der Macula lutea verschoben. Von dem das Opticusloch umsäumenden Rande der Retina ist aber der eigentliche Sehnerv noch durch ein eigenthümliches spongiöses Gewebe getrennt (Schwalbe), das als intermediäres Gewebe (Kuhnt) bezeichnet worden ist (in Fig. 43 angedeutet). Es besteht aus einem knorrigen gegen Säuren resistenten Netzwerk mit ein- oder angelagerten platten Zellen. Auf der medialen Seite des Sehnerven ist es mächtiger entwickelt, als auf der lateralen. Dies Gewebe hängt mit dem Gerüst der inneren Schichten der Netzhaut zusammen und wird nach aussen durch deren Limitans externa abgegrenzt.

Die im Papillenwall zur Oberfläche der Netzhaut sich ausbreitenden Bündel markloser Nervenfasern enthalten nur spärliche Neuroglia-Grundsubstanz, dagegen dieselben Gliazellen, wie der Sehnerv selbst. Die in der Tiefe der physiologischen Excavation auftauchenden Centralgefässe wenden sich alsbald peripher in die Nervenfaserschicht der Netzhaut hinein und liegen anfangs dicht unter deren innerer Oberfläche.

Die Sehnerven-Excavation wird von einem eigenthümlichen embryonalen Bindegewebe erfüllt (centraler Bindegewebs-Meniscus von Kuhnt) das den letzten Rest des im embryonalen Leben die centrale Glaskörper-Arterie einschliessenden Gewebes vorstellt, bei einigen Thieren (Ochs) noch im entwickelten Auge einen in den Glaskörper hineinragenden Zapfen bildet. — Ueber den Faserverlauf im Opticus und in der Retina s. unten: Nervenfaserschicht.

II. Gebiet der Nervenausbreitung.

Von der Opticus-Papille bis zur Ora serrata zeigt die Netzhaut sich aus einer Reihe über einander liegender Schichten aufgebaut (Fig. 44). Das äussere Blatt der secundären Augenblase liefert deren nur eine, welche als Pigmentepithel der Retina oder Retina-Epithel bezeichnet wird (Fig. 44, 10).

Fig. 44.

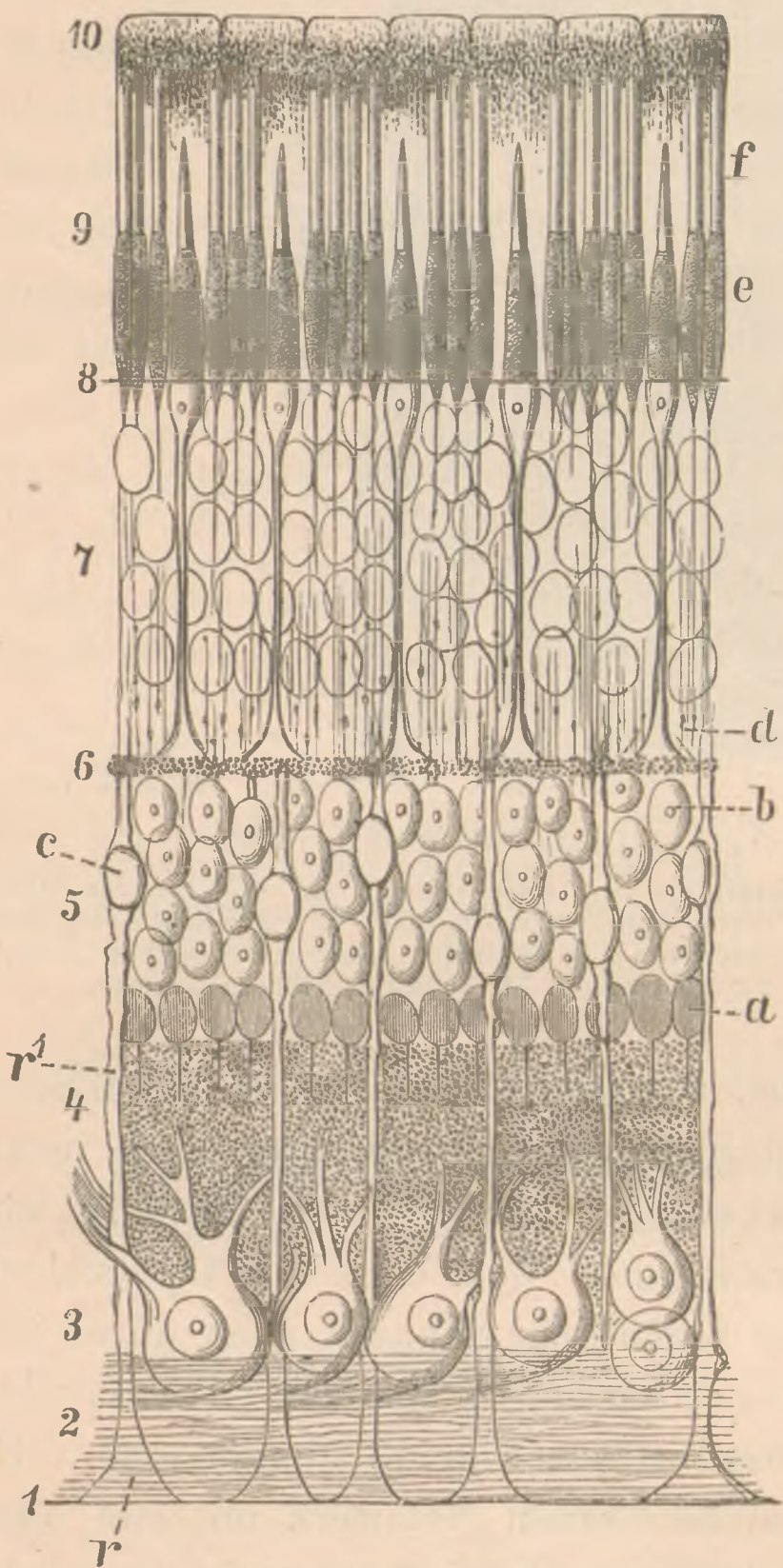


Fig. 44. Durchschnitt durch die Netzhaut des Menschen. Schematisch, mit Benutzung einer Abbildung M. Schultze's entworfen.

1, Margo limitans (internus); 2, Nervenfaserschicht; 3, Ganglienzellschicht (Ganglion nervi optici); 4, innere reticuläre Schicht; 5, Körnerschicht (innere Körnerschicht); a, Spongioblasten; b, Zellen des Ganglion retinae; c, Kerne der Müller'schen Radialfasern; 6, äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht; 7-9, Schicht der Sehzellen; 7, ihre Kerne (äussere Körner); 8, Membrana limitans externa; 9, Stäbchen und Zapfen; d, kernfreie Zone der äusseren Körnerschicht, von Henle als äussere Faserschicht bezeichnet; e, Innenglieder, f, Aussenglieder der Stäbchen; 10, Pigmentepithel; r, Kegel der Müller'schen Stütz- oder Radial-Fasern; r', Müller'sche Fasern.

Das mächtig sich verdickende innere Blatt dagegen zerfällt zunächst in zwei Hauptlagen. Die äussere derselben (Fig. 44, 7-9) ist gefässlos und besteht aus langgestreckten pallisadenartig gestellten epithelialen Elementen, welche auf Durchschnitten etwa in der Mitte ihrer Länge durch eine der äusseren Oberfläche der Netzhaut parallele Linie (Membrana limitans externa) (Fig. 44, 8) in zwei Abtheilungen zerlegt werden, von denen die äussere kernfreie stäbchenartige Zellstücke umfasst (Schicht der Stäbchen und Zapfen; Fig. 44, 9), während die innere Abtheilung (äussere Körnerschicht) (Fig. 44, 7)

sämmtliche Kerne der pallisadenartigen Epithelzellen enthält. Diese den Riechzellen und Schmeckzellen entsprechenden Neuroepithelzellen der Retina (Schwalbe), je aus einem Stäbchen oder Zapfen und einem äusseren Kerne bestehend, haben den Namen Sehzellen (W. Müller) erhalten. Die Epithelschicht der Netzhaut umfasst also nur die Schicht der Sehzellen, welche man früher in die drei Lagen: 1) Stäbchen und Zapfen, 2) Membrana limitans externa und 3) äussere Körner zu zerklüften pflegte.

Dem epithelialen Theile steht der innere Abschnitt des inneren Blattes der secundären Augenblase gegenüber, der von Gefässen versorgt wird, überdies aus Nervenzellen, Nervenfasern und Stützsubstanz sich aufbaut. Er gleicht also auch in seinem feineren Bau der Substanz des Gehirns und wird deshalb zweckmässig als Gehirnschicht der Epithelschicht gegenüber gestellt (Fig. 44, 1-6). Nach dem Glaskörper zu grenzt sich die Gehirnschicht der Retina durch einen scharfen Saum (Margo limitans) (Fig. 44, 1) ab, der

vielfach als eine besondere innere Grenzmembran unter dem Namen *Membrana limitans interna* beschrieben worden ist. Sehen wir von diesem Grenzsaume ab, so setzt sich die Gehirnschicht der Netzhaut aus fünf verschiedenen Schichten zusammen. Es sind von der Basis der Sehzellen an, also von aussen nach innen gerechnet folgende Lagen: 1) eine schmale Schicht bei schwächeren Vergrösserungen granulirt erscheinender Substanz, gewöhnlich als äussere granulirte Schicht (Zwischenkörnerschicht H. Müller) aufgeführt, besser als äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht zu bezeichnen (Fig. 44, 6); 2) eine bedeutend dickere Schicht, deren wichtigste Elemente kleine bipolare Ganglienzellen sind, die Körnerschicht (*innere Körnerschicht* der gewöhnlichen Nomenclatur; Fig. 44, 5); 3) eine dicke Schicht reticulirter Stützsubstanz, ebenfalls bei schwächeren Vergrösserungen granulirt erscheinend und deshalb innere granulirte Schicht (moleculäre Schicht) genannt, in Wahrheit aber von fein netzförmigem Bau und deshalb besser als innere reticuläre Schicht aufzuführen (Fig. 44, 4); 4) eine an den meisten Stellen der Netzhaut einfache Lage grosser multipolarer Ganglienzellen (Ganglienzellenschicht) (Fig. 44, 3) und endlich 5) die Schicht der Sehnervenfaser (Fig. 44, 2), welche selbstverständlich von der Papille bis zur Ora serrata sich allmählig verdünnen muss. Die folgende Tabelle giebt eine übersichtliche Darstellung der Eintheilung der Netzhaut in Schichten mit ihren verschiedenen Synonymen:

Eintheilung der Retina.

I. Inneres Blatt der secundären Augenblase.

A. *Gehirnschicht* ([Schwalbe]; nervöse Schicht [Henle]; Neurodermtheil, cerebraler Theil der Retina [W. Müller]).

— Margo limitans (Membrana limitans interna).

1) Nervenfaserschicht (Schicht der Opticusfasern).

2) Ganglienzellenschicht (Nervenzellenschicht [H. Müller]; innere gangliöse Schicht [Henle]; Schicht des Ganglion nervi optici [W. Müller]).

3) Innere reticuläre Schicht (granulöse Schicht [H. Müller]; innere granulirte oder moleculäre Schicht; Neurospongium [W. Müller]).

4) Körnerschicht (innere Körnerschicht [H. Müller]; äussere gangliöse Schicht [Henle]; von W. Müller in zwei Lagen: a) Schicht der Spongioblasten, b) Schicht des Ganglion retinae getheilt).

5) äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht (Zwischenkörnerschicht [H. Müller]; äussere granulirte Schicht [Henle]; Schicht der Nervenansätze und tangentialen Fulcrumzellen [W. Müller]; Membrana fenestrata [W. Krause]).

B. *Epithelschicht* (Neuroepithelschicht [Schwalbe]; musivische Schicht [Henle]; Ektodermtheil oder epithelialer Theil der Retina [W. Müller]).

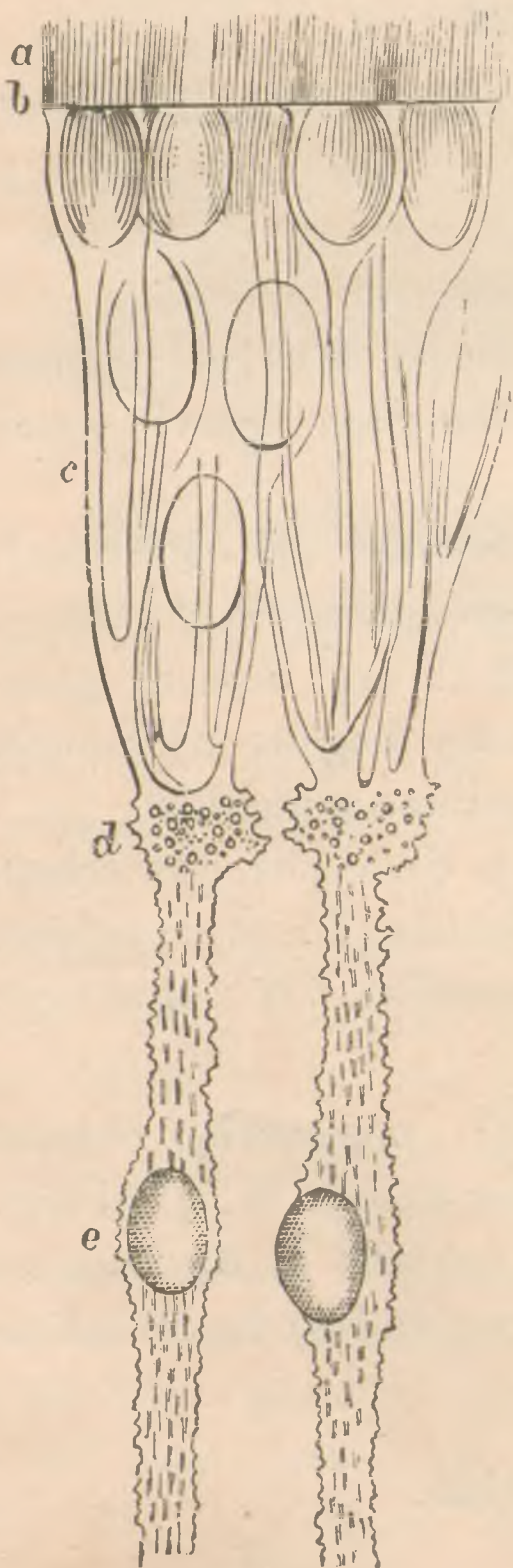
6) Schicht der Sehzellen ([W. Müller]; umfasst a) die äussere Körnerschicht, b) die Membrana limitans externa und c) die Stäbchen- und Zapfenschicht der älteren Nomenclatur).

II. Aeusseres Blatt der secundären Augenblase.

7) Pigmentepithel (Epithel der Retina).

Die Gewebe, welche die Gehirnschicht zusammensetzen, stammen mit Ausnahme der Blutgefäße, die erst später in die Retina hineinwachsen, aus dem inneren Blatt der secundären Augenblase, sind also derselben Abkunft, wie die Sehzellen. Ein Theil der die Gehirnschicht der Retina aufbauenden embryonalen Zellen wandelt sich in Nervenzellen um, ein anderer Theil dagegen liefert ein eigenthümliches in den einzelnen Schichten verschieden geordnetes Stützgewebe, das früher als Bindegewebe bezeichnet wurde, aber nichts mit echtem leimgebenden Bindegewebe zu thun hat (vergl. Neurologie S. 303—305). Unter den Elementen dieser Stützsubstanz der Netzhaut zeichnen sich eigenthümlich starre Fasern aus, welche in radiärer Richtung die Gehirnschicht in ihrer ganzen Dicke durchsetzen und mit ihren letzten Ausläufern weit in die Epithelschicht vordringen. Es sind dies die von H. Müller entdeckten Radialfasern oder Stützfasern (Müller'sche Fasern) (Fig. 44, r, r'). Sie beginnen an der inneren Oberfläche der Netzhaut mit einer kegelförmigen Anschwellung (Radialfaserkegel) (Fig. 44, r), deren Basis der inneren Grenzlinie der Retina, dem Margo limitans (Fig. 44, 1), entspricht, deren Spitze sich allmählig zur Radialfaser (Fig. 44, r') verschmälert. Letztere zieht nun, ohne Verbindungen einzugehen, durch die innere reticuläre Schicht; im Gebiet der Körnerschicht angekommen entsendet sie nach verschiedenen Richtungen zarte faserige und plattenförmige Fortsätze, welche sich zwischen die übrigen Elemente der Körnerschicht

Fig. 45.

Fig. 45. Aeusserer Theil zweier Radialfasern der menschlichen Retina. Nach M. Schultze. ¹⁰⁰⁰/₁.

a, Faserkörbe (Nadeln) um die Basen der Stäbchen und Zapfen; b, Membrana limitans externa; c, Fachwerk der Faserausstrahlungen im Gebiet der äusseren Körnerschicht; d, äussere reticuläre Schicht, in welcher der Durchtritt der Radialfasern nicht zu erkennen ist (es scheint vielmehr fälschlich eine Verschmelzung mit deren Substanz statt zu finden); e, Kerne der Radialfasern.

schieben und dieselben stützen. Ueber die Körnerschicht hinaus dringen die Radialfasern durch die äussere reticuläre Schicht weit in die Epithelschicht vor, lösen sich zwischen den Kernen der Sehzellen (äussere Körnerschicht der früheren Nomenclatur) in feine Fasern und zarthäutige Lamellen auf (Fig. 45, c), um sich endlich an der Grenze zwischen diesem kernhaltigen Abschnitte der Sehzellenschicht und den kernfreien Theilen (Stäbchen und Zapfen) mit einer feindurchlöcherten auf dem Durchschnitt als scharfe Linie erscheinenden Membran zu verbinden, der Membrana limitans externa (M. reticularis) Fig. 45, b), die ihrerseits wiederum feine cilienartige Fortsätze zwischen die Basen der Stäbchen und Zapfen entsendet (Fig. 45, a). Innerhalb der Körnerschicht (inneren Körnerschicht) liegt jeder Radialfaser ein Kern unmittelbar an (Fig. 44, c; Fig. 45, e), häufig in eine Nische ihrer Substanz aufgenommen. Nicht selten findet sich auch noch ein Kerngebilde im Innern des Radialfaserkegels, eingebettet in eine feinkörnige Substanz von weicherer

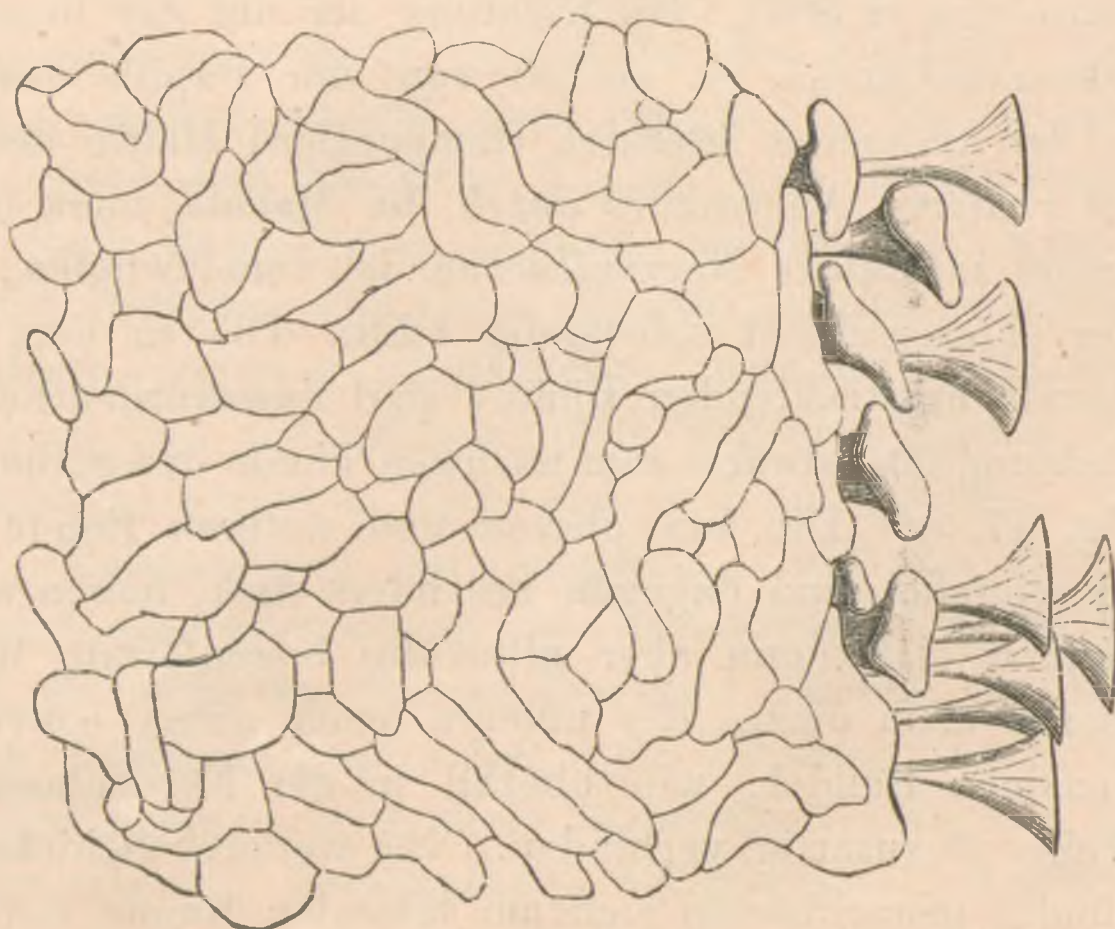
Beschaffenheit, als die Rinde, welche Resten embryonalen Zellprotoplasmas gleicht und sich auch vorfindet, wenn der Kern des Kegels fehlt. Das Vorkommen der Kerne an den Radialfasern deutet auf ihre Entwicklung aus radiär gestreckten embryonalen Bildungszellen. — Was endlich die Vertheilung der Stützfaser betrifft, so finden sie sich in den peripheren Theilen der Retina dichter gedrängt, wie in den centralen Partien, in welchen meist eine den Opticusaussparungen parallele reihenweise Stellung deutlich ist. Im Gebiet der Macula lutea werden die Fasern rudimentär und entbehren ihrer Basalkegel.

Die Substanz der Radialfasern ist in den nach aussen von der Körnerschicht gelegenen Theilen wahrscheinlich mit dem Neurokeratin zu identificiren (Kuhnt), während die inneren Partien aus einer weichen, wahrscheinlich eiweissartigen Substanz bestehen. — Die Radialfaserkegel sind häufig getheilt, sodass eine Radialfaser dann mit mehreren basalen Kegeln in der Ebene des Margo limitans aufhört.

Es wurde vorhin erwähnt, dass sämtliche Radialfaserkegel in der Ebene der inneren Netzhautoberfläche scharf abgeschnitten enden. Ihre Basalflächen schliessen hier dicht an einander und bilden dadurch auf senkrechten Durchschnitten durch die Netzhaut einen scharfen Saum (Margo limitans [Fig. 44, 1]), der früher, weil er doppelt conturirt erscheint als eine besondere Membrana limitans interna beschrieben wurde. Die doppelten Conturen der Radialfaserkegelbasis lassen sich auf eine cuticulare Verdickung derselben zurückführen. Es wird also die körnige Inhaltsmasse jedes Stützfaserkegels durch eine resistente mit der Rinde des Kegels am Rande der Basis continuirliche Cuticularplatte von der Aussenfläche des Glaskörpers getrennt. Diese Cuticularplatten sind aber meist nur am Rande der Kegelbasen gut ausgebildet, werden gegen die Mitte derselben unmerklich, sodass hier die centrale weiche Substanz frei zu Tage liegt. Betrachtet man daher die innere Grenzschicht der Netzhaut an einem Flächenpräparat, so gewährt sie häufig das Bild eines Netzwerks, indem nur die cuticularisirten Randtheile der Kegelbasen zur Beobachtung gelangen. Behandelt man die innere Oberfläche der Netzhaut mit einer Silbersalpeter-Lösung (Schelske, Retzius), so gelingt es leicht, die Grenzen der einzelnen Radial-

Fig. 46. Ein Theil der inneren Fläche der menschlichen Retina, mit Argentum nitricum behandelt. Rechts stehen Radialfaserkegel mit ihren Basalsäumen frei hervor. Nach Retzius.

Fig. 46.



faserbasen durch schwarze Linien zu markiren, welche an Grösse und Form variable unregelmässig polygonale Figuren umgrenzen (Fig. 46). Es sind also die einzelnen Basalsäume der Radialfaserkegel durch Kittsubstanz zu einer Membran verlöthet, die aber in ihren einzelnen Feldern

untrennbar mit den Radialfasern zusammenhängt (vergl. die rechte Seite der Figur). Man kann also nicht von einer wirklichen *Membrana limitans interna* als einer selbstständigen Bildung reden, sondern bezeichnet den scharfen Grenzsaum des Durchschnitts besser als *Margo limitans*. Eine wirkliche Membran findet sich hier nur auf der Aussenseite des Glaskörpers (*Membrana hyaloidea*). Sie ist früher häufig als *Membrana limitans* allein oder mit dem *Margo limitans* zusammen als *Membr. limitans hyaloidea* beschrieben worden, weil sie häufig, besonders leicht am menschlichen Auge, beim Entleeren des Glaskörpers auf der inneren Fläche der Netzhaut zurückbleibt und dieser am erhärteten Präparate dann innig anliegt. Dass sie aber zweifellos zum Glaskörper gehört, kann man an den Augen verschiedener Säugethiere leicht zeigen.

Von Ewart und Thin wurden fälschlich die durch Silbernitrat abgegrenzten Basalflächen der Radialfaserkegel als ein Lager von Epithelzellen beschrieben. — Durch Injection von Alkannin-Terpentin in die Lymphspalten des Sehnerven gelingt es häufig, einen feinen zwischen *Hyaloidea* und *Margo limitans* befindlichen capillaren Spaltraum zu injiciren, der somit eine scharfe Trennung beider Bildungen ermöglicht (Schwalbe).

A) Gebiet ausserhalb der *Macula lutea*.

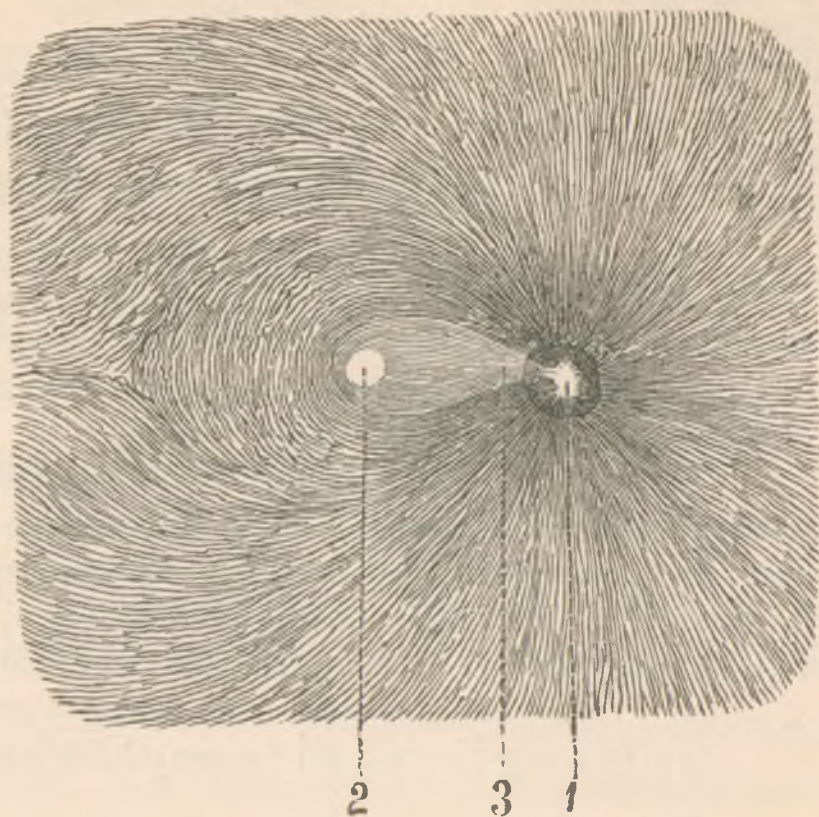
1) Nervenfaserschicht.

Die Nervenfaserschicht besteht aus der im Allgemeinen radiären Ausbreitung der aus der Papille hervorquellenden marklosen Sehnervenfasern auf der inneren Oberfläche der Netzhaut. Da die von einem engen Raume ausgehenden Nervenfasern sich über eine nach der Ora serrata zu immer mehr sich erweiternde Fläche zu verbreiten haben, ausserdem aber successive während ihres Verlaufes sich in die Tiefe senken, um mit Bestandtheilen äusserer Schichten in Verbindung zu treten, so ist es klar, dass die Dicke der Nervenfaserschicht von der Papilla optici bis zur Ora serrata rasch abnimmt. Während sie in 0,5 mm Entfernung von der Papille noch 0,2 mm misst, also der halben Dicke der Netzhaut gleichkommt, ist sie bereits in 8 mm Entfernung zu einer sehr dünnen Schicht reducirt. — Die Schicht der Sehnervenfasern besteht aus Bündeln nackter Axencylinder, welche unter spitzen Winkeln sich reichlich plexusartig verbinden. Wie im Opticus finden sich auch hier, besonders zahlreich auf der Oberfläche der Nervenfaserbündel, flache Gliazellen (vergl. Neurologie S. 304). Die Richtung der auf der inneren Oberfläche ausstrahlenden Sehnervenbündel ist medial von der Papille (nasalwärts) eine rein radiäre. In der grösseren lateralen (temporalen) Hälfte der Netzhaut wird eine Störung der radiären Anordnung durch die *Macula lutea* bedingt (Fig. 47, 2), an deren Rande zahlreiche Nervenfaserbündel verschwinden, sodass in ihrem Inneren die Nervenfaserschicht vollständig fehlt. Die in dem Raume zwischen Papille und *Macula* ausstrahlenden Bündel sind ausserordentlich fein und ziehen in gerader Richtung lateralwärts zum nächsten Theile des gelben Fleckes (*Macula-Bündel* Fig. 47, 3). Die am oberen und unteren Rande der Papille hervortretenden Faserbündel sind dagegen besonders dick, haben anfangs einen radiären Verlauf, wenden sich dann aber allmählig bogenförmig lateralwärts der Art, dass die oberen nach oben, die unteren nach unten convexe Bogen bilden, wobei die einzelnen Bündel, wie überall in der Nervenfaserschicht, sich in reichlichster Weise plexusartig verbinden. Ihr weiteres Schicksal ist, dass die dem *Macula-Bündel* benachbarten sich am lateralen Rande der Fovea von oben und unten bogenförmig vereinigen, die übrigen, dem oberen und unteren Netzhautsegment

Fig. 47. Ausstrahlung der Sehnervenfasern auf der inneren Oberfläche der Retina. Flächenansicht. Nach Michel.

1, Papilla optici; 2, Fovea centralis; 3, Macula-Bündel.

Fig. 47.



angehörigen, allmählig wieder in radiäre Richtung umbiegen (Michel) (vergl. Fig. 47). Die grössere Mächtigkeit der Nervenfaserschicht in der Nähe der Papille wird nicht dadurch bedingt, dass hier mehrere Bündel über einander geschichtet sind, sondern durch grössere Dicke der letzteren. Nur in einem kleinen Bezirke nach oben vom Macula-Bündel

finden sich Nervenbündel in doppelter Lage. Nach der Ora serrata zu werden die Bündel immer feiner und dünner, ihre Maschenräume bedeutend weiter; am Rande der Ora hört jede Spur einer Nervenfaserschicht auf.

Von grosser Wichtigkeit ist die Frage nach der Lage der einzelnen in der Retina zur Ausbreitung gelangenden Nervenfaserbündel in den verschiedenen Querschnittsebenen des Sehnerven und Tractus opticus, insbesondere die Zurückführung derselben auf das gekreuzte und ungekreuzte Bündel, sowie die Frage nach der Herkunft der Maculafasern (vergl. Neurologie S. 720 u. 721). Während Gudden das ungekreuzte Bündel beim Hunde zunächst an die mediale Seite des N. opticus gelangen, beim Kaninchen dagegen in seiner lateralen Lage verweilen lässt, findet Ganser bei der Katze, ebenfalls auf experimentellem Wege, dass das ungekreuzte Bündel durchaus lateral verläuft und sich ausschliesslich in den temporalen (lateralen) zwei Dritteln der Netzhaut ausbreitet. Da nun das ungekreuzte Bündel an Stärke dem gekreuzten nachsteht, so folgt daraus, dass das letztere einmal das nasale (mediale) Drittel der Netzhaut ausschliesslich, zweitens die beiden lateralen Drittel zusammen mit dem ungekreuzten versorgen muss. Dem letzteren Gebiete gehört beim Menschen die Macula lutea, bei der Katze eine an Ganglienzellen reichere Verdickung der Netzhaut, eine Area centralis (Ganser) an. Letztere scheint nach Ganser's Ermittlungen sowohl vom gekreuzten als (wohl zum kleineren Theile) vom ungekreuzten Bündel versorgt zu werden. Nach Samelson stammen die der Macula lutea zufließenden Nervenfasern beim Menschen aus einem Bündel, welches innerhalb des Canalis opticus eine centrale Lagerung im Sehnerven einnimmt. Genauer noch verfolgte Vossius in einem Fall von beiderseitigem centralem Skotom das Maculabündel. Die Untersuchung umfasste hier den rechten Tractus, das Chiasma und beide Optici. Entsprechend der Annahme, dass die Macula sowohl von Fasern des gekreuzten als ungekreuzten Bündels versorgt wird, fanden sich im rechten Tractus zwei getrennte atrophische Bezirke, nämlich am ventralen Rande und im oberen lateralen Quadranten. Im Chiasma liegen die Maculafasern sämtlich an der dorsalen Seite dicht unterhalb des Bodens des Recessus opticus, nehmen aber dann im Anfangstheile des Sehnerven allmählig eine centrale Lage ein bis in die Orbita hinein. Innerhalb dieser rücken sie

allmählig temporalwärts der Oberfläche des Nerven zu und erreichen dieselbe beim Eintritt der Centralgefässe in den Nerven. Von hier an bis zum Eintritt in die Papille liegen sie im unteren lateralen Quadranten des Sehnerven, auf dem Querschnitt ein keilförmiges Feld einnehmend, dessen Spitze den Centralgefässen zugekehrt ist, dessen Basis der Oberfläche des Sehnerven entspricht.

Bei einigen Thieren ist eine Kreuzung der Sehnervenfasern beim Eintritt in die Retina beobachtet, so von Langerhans bei *Petromyzon*, von Schwalbe bei der Taube und beim Huhn. Hier findet die Kreuzung unterhalb des sog. Kammes statt, eine Beobachtung, die von Nicati bestätigt und dahin erweitert wurde, dass abwechselnd ein Bündel lateralwärts, ein anderes medianwärts sich wendet.

Normaler Weise besteht die Nervenfaserschicht aus vollkommen marklosen Nervenfasern. Ausnahmsweise finden sich weisse markhaltige Stellen in derselben und zwar gewöhnlich im Zusammenhang mit der Papilla optici (Virchow, v. Recklinghausen, Dönitz u. Andere). Beim Kaninchen gehören zwei von der Papille nach rechts und links ausstrahlende weisse markhaltige Stellen zu den normalen Erscheinungen.

2) Ganglienzellenschicht (*Ganglion nervi optici*) (Fig. 48, 3).

Ihre wichtigsten Elemente sind multipolare Ganglienzellen, welche im grössten Theile der Netzhaut eine einfache Lage bilden, nur in der Nähe des gelben Fleckes zu zwei Reihen sich aufeinander schichten und innerhalb dieses bis auf 8—10 Reihen anwachsen. In den hinteren Abschnitten der Netzhaut liegen die Ganglienzellen dicht neben einander; nach dem vorderen Rande zu rücken sie mehr

Fig. 48.

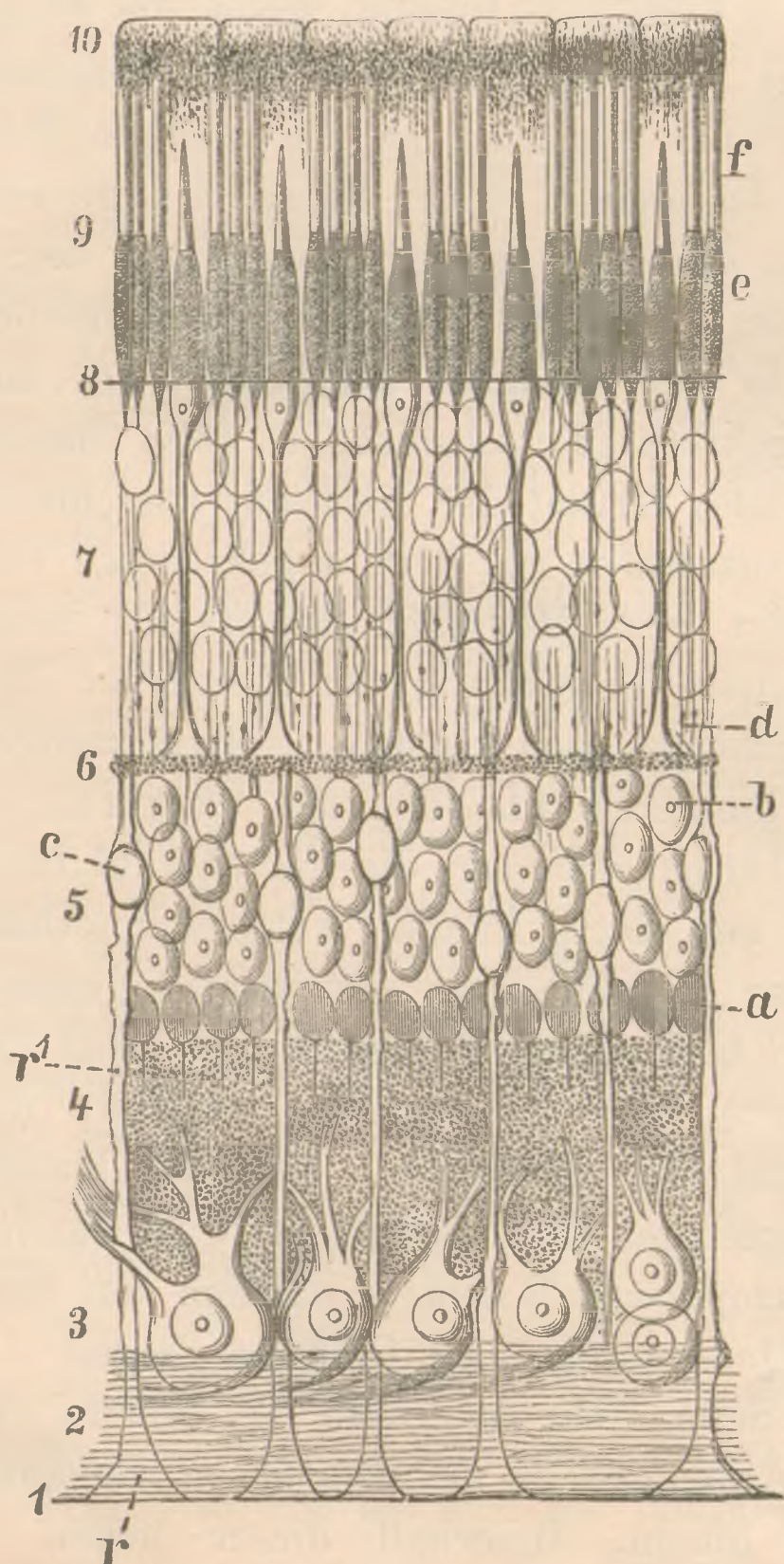


Fig. 48. Durchschnitt durch die Netzhaut des Menschen. Schematisch, mit Benutzung einer Abbildung M. Schultze's entworfen.

1, Margo limitans (internus); 2, Nervenfaserschicht; 3, Ganglienzellenschicht (*Ganglion nervi optici*); 4, innere reticuläre Schicht; 5, Körnerschicht (innere Körnerschicht); a, Spongioblasten; b, Zellen des Ganglion retinae; c, Kerne der Müller'schen Radialfasern; 6, äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht; 7—9, Schicht der Sehzellen; 7, ihre Kerne (äussere Körner); 8, Membrana limitans externa; 9, Stäbchen und Zapfen; d, kernfreie Zone der äusseren Körnerschicht, von Henle als äussere Faserschicht bezeichnet; e, Innenglieder, f, Aussenglieder der Stäbchen; 10, Pigmentepithel; r, Kegel der Müller'schen Stütz- oder Radial-Fasern; r', Müller'sche Fasern.

aus einander und stehen schliesslich an der Ora serrata sehr vereinzelt. Da wo die Nervenfaserschicht bereits sehr dünn ist, wie schon in 8 mm Entfernung von der Papille, reichen sie zwischen den Nervenbündeln bis an den Margo limitans. Andererseits können sie nach aussen mehr oder weniger weit in die innere reticuläre Schicht hineinragen. — Die Ganglienzellen (beim Menschen von 10—30 μ Dm) sind multipolar und entsenden stets einen ungetheilten Fortsatz nach innen in die Nervenfaserschicht, einen oder mehrere verästelte Fortsätze nach aussen in die innere reticuläre Lage. Ersterer entwickelt

sich gewöhnlich unter einem rechten Winkel gegen die radiär nach aussen gerichteten verästelten Fortsätze und wird zu einer Nervenfasern des Opticus, also zunächst zu einem Bestandtheile der Nervenfaserschicht; er ist einem Axencylinderfortsatze gleichwerthig. Da die Sehnervenfasern aber, wie schon eine flüchtige Schätzung ergibt, an Zahl die Ganglienzellen bei weitem übertreffen, so kann die Nervenfaserschicht nicht allein aus den Axencylinderfortsätzen dieser Ganglienzellen bestehen, sondern muss noch zahlreiche Fasern aus weiter nach aussen gelegenen Schichten der Netzhaut beziehen. — Die verästelten Fortsätze durchsetzen, oft unter Abgabe feiner Seitenzweige, die innere reticuläre Schicht und dringen mit ihren Ausläufern in die Körnerschicht ein. Mit den Bälkchen der inneren reticulären Lage treten sie nicht in Verbindung. Die Schicksale ihrer Verästelungen sind unbekannt. Einige Forscher (Merkel, Gunn) glauben sich von Verbindungen mit den gangliösen Elementen der Körnerschicht überzeugt zu haben. Innerhalb der Macula lutea sind die Ganglienzellen spindelförmig und es entwickelt sich am äusseren Pole nur ein verästelter Fortsatz, während der innere Pol in den Axencylinderfortsatz übergeht.

Die Ganglienzellschicht enthält ausser den beschriebenen nervösen Elementen noch Stützgewebe verschiedener Art: 1) die sie durchsetzenden Radialfasern, welche nicht selten auch hier seitliche zarthäutige Ausbreitungen besitzen, 2) eine reichliche Ansammlung von Kittsubstanz, die unter der Einwirkung von Alkohol, Chromsäure etc. zu schalenartigen Bildungen erstarrt, in welchen nun die Abdrücke der Ganglienzellen zu erkennen sind, 3) finden sich Gliazellen derselben Beschaffenheit, wie sie aus der Nervenfaserschicht beschrieben wurden, auch zwischen den Ganglienzellen.

3) Innere reticuläre Schicht (innere granulierte Schicht; *Neurospongium* von W. Müller) (Fig. 48, 4).

Die Grundlage dieser Schicht bildet eine bei schwächeren Vergrösserungen feinkörnig erscheinende Substanz, deren Körner sich bei Anwendung starker Systeme als die verdickten Knotenpunkte eines äusserst feinen Reticulums herausstellen. Die Bälkchen dieses Netzwerks bestehen aus Hornsubstanz oder einer dieser sehr nahe verwandten (Kühne, Kuhnt). Wir haben es hier also mit einer mächtigen Ansammlung einer zum Stützgewebe der Netzhaut zu rechnenden Hornspongiosa zu thun (vergl. Neurologie S. 305). Dass dieselbe zu den nervösen Elementen nicht gerechnet werden darf, geht abgesehen von ihrem chemischen Verhalten schon aus ihren Dickenverhältnissen hervor. Die Dicke der inneren reticulären Schicht zeigt in den einzelnen Theilen der Retina nur geringe Schwankungen, misst im grössten Theile 40 μ und reducirt sich nur an der Ora serrata auf 35—30 μ . Sie ist also in ihrer Ausbildung vollkommen unabhängig von der Abnahme der Ganglienzellen- und Nervenfaserschicht. — Kerne oder Zellen sind in der inneren reticulären Schicht nicht zu finden. Nur vereinzelt hat man bei Fischen derartige Elemente im Innern dieser Schicht constatirt (H. Müller, W. Müller). Dagegen stehen höchst wahrscheinlich die der Aussenfläche des Neurospongium aufliegenden Zellen der Körnerschicht (s. unten) (Fig. 48, a) zur Bildung der Hornspongiosa in Beziehung, indem sie dieselben nach Art einer Inter-cellularsubstanz abscheiden. Sie sind deshalb von W. Müller als Spongioblasten bezeichnet worden. Für diese Auffassung spricht auch, dass mit der Abnahme der Spongioblasten

auch die Dicke des Neurospongium abnimmt. — Eingebettet in die Hornspongiosa der inneren reticulären Schicht liegen: 1) Fortsätze der Spongioblasten (s. unten: Körnerschicht); 2) die hindurchziehenden Radialfasern (Fig. 48, r'), deren Substanz hier chemisch vollständig different ist von der Hornspongiosa; sie gehen keine Verbindungen mit dem Reticulum der letzteren ein; 3) die äusseren verästelten Fortsätze der Ganglienzellen und 4) die inneren Fortsätze kleiner in der Körnerschicht befindlicher Nervenzellen. W. Müller lässt die verästelten Fortsätze der Ganglienzellen (des Ganglion nervi optici) einen feinen Plexus bilden, in welchen auch die inneren Fortsätze der kleinen in der Körnerschicht befindlichen Ganglienzellen (innere Körner, Ganglion retinae von W. Müller) unter Verzweigung übergehen sollen. Ich selbst sah letztere, wie Retzius, stets unverästelt, gerade gestreckt in radiärer Richtung durch die innere reticulirte Schicht hindurchziehen, ohne Verbindung mit den äusseren Fortsätzen der Ganglienzellen.

Auf Durchschnitten der Netzhaut verschiedener Thiere, besonders der Reptilien und Vögel, bemerkt man mehr oder weniger zahlreiche dunklere den Oberflächen parallele Streifen. Dieselben kommen dadurch zu Stande, dass an diesen Stellen das Netz sich verdichtet, die Bälkchen dicker, die Maschenräume enger werden.

Henle und Merkel vertheidigten die Existenz zahlreicher in eine homogene Masse eingebetteter feiner Körnchen als wahre Textur der inneren reticulären Schicht. Retzius, der sich früher ebenfalls für eine solche granulirte Beschaffenheit dieser Substanz ausgesprochen hatte, ist jetzt von der netzförmigen Structur überzeugt.

4) K ö r n e r s c h i c h t (innere Körnerschicht, innere gangliöse Schicht (Fig. 48, 5).

Sie besteht aus zahlreichen über einander geschichteten zelligen Elementen verschiedener Qualität, die man mit dem indifferenten Ausdruck „Körner“ oder „Kornzellen“ bezeichnet hat. Wir theilen diese Schicht mit W. Müller in zwei Unterabtheilungen, von denen die innere dem Neurospongium benachbarte (Schicht der Spongioblasten) etwa $\frac{2}{5}$, die äussere (Ganglion retinae) etwa $\frac{3}{5}$ der gesammten Dicke der Körnerschicht einnimmt.

a) Schicht der Spongioblasten (Fig. 48, 5 a). Die zelligen Elemente dieser Abtheilung der Körnerschicht zeichnen sich durch stärkeres Imbibitionsvermögen gegen Farbstoffe (Karmin, Hämatoxylin), durch grössere Dimensionen und ferner dadurch vor den übrigen „inneren Körnern“ aus, dass sie nur einen Fortsatz und zwar nach der inneren reticulären Schicht entsenden, der sich hier theilt und wahrscheinlich continuirlich in das zarte Reticulum der Hornspongiosa übergeht. Höchst wahrscheinlich haben wir in diesen Zellen einen Theil der Bildungszellen der inneren reticulären Schicht zu erkennen. Ausgeschlossen bleibt es freilich nicht, dass andere im Inneren der letzteren gelegene Zellreste und Kerne von Bildungszellen durch den Verhornungsprocess gänzlich zu Grunde gegangen sind, so dass die Spongioblasten nur die äusseren Lagen der Hornspongiosa liefern würden. — Durchsetzt wird diese Abtheilung der Körnerschicht 1) von den Radialfasern, 2) von den inneren Fortsätzen der in der folgenden Lage befindlichen kleinen Ganglienzellen; 3) dringen zum Theil auch verästelte Fortsätze der grossen Ganglienzellen des Ganglion optici in sie hinein und durch sie hindurch in die nächst äussere Lage.

b) Schicht des Ganglion retinae (Fig. 48, 5 b). Sie umfasst die dickere äussere Abtheilung der Körnerschicht und besteht grösstentheils aus klei-

nen bipolaren Ganglienzellen, deren spindelförmiger Körper bis auf spärliches Protoplasma an den Polen vom ovalen Kerne ausgefüllt wird (Fig. 49). Der nach innen gekehrte Pol der radial gerichteten Zellen geht in eine ungetheilte feine zur Varicositätenbildung neigende Faser über, die ich für den Axencylinderfortsatz der kleinen Ganglienzelle halte und weit in die innere reticuläre Schicht hinein verfolgen konnte, ohne dass Verbindungen derselben mit Nachbartheilen hätten nachgewiesen werden können. Ein selbstständiger Verlauf dieser Fasern zur Nervenfaserschicht ist deshalb mindestens ebenso wahrscheinlich, als der vielfach behauptete und doch nicht nachgewiesene Zusammenhang mit den Ausläufern der Ganglienzellen des Ganglion optici. — Der äussere Fortsatz der kleinen Ganglienzellen der Körnerschicht ist constant dicker, von der Beschaffenheit des Zellkörpers, verläuft anfangs meist ungetheilt radiär nach aussen bis zur Grenze der äusseren reticulären Schicht; in letzterer findet gewöhnlich eine Theilung in zwei oder mehrere feine Fasern statt, die nun in der Ebene der äusseren reticulären Schicht verlaufen. Offenbar entspricht dieser Fortsatz einem verästelten oder Protoplasma-Fortsatz.

Fig. 49.

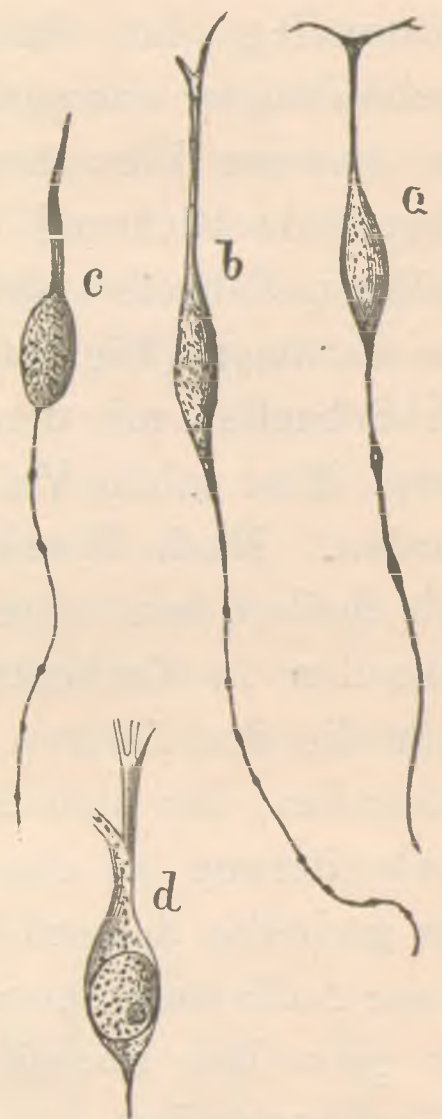


Fig. 49. Ganglienzellen des Ganglion retinae.

a—c vom Frosch; d vom Kalb. Der äussere Fortsatz ist gegabelt oder (d) mehrfach verästelt; der innere Fortsatz ist eine lange feine varicöse Faser.

Eine zweite, aber nicht nervöse Art kernhaltiger Gebilde dieser Schicht wird durch die kernhaltigen Stellen der Radialfasern repräsentirt (Fig. 48 c) (s. oben). Es wird demnach die Körnerschicht von zwei Arten faseriger Gebilde in radiärer Richtung durchzogen, von den Stützfasern und den Fortsätzen der Ganglienzellen des Ganglion retinae. In der Macula lutea bleiben erstere radiär gerichtet, letztere dagegen zeigen einen schiefen Verlauf.

Die Dicke der gesamten Körnerschicht beträgt unweit der Papilla optici 33—38 μ und sinkt an der Peripherie der Netzhaut auf 16—20 μ .

Nach W. Krause bezeichnet die äussere Lage der „inneren Körner“ die Grenze der nervösen Theile der Retina nach aussen; sie sind seiner Ansicht zu Folge unipolare terminale Ganglienzellen des Opticus.

W. Müller hält den äusseren Fortsatz der Ganglienzellen des Ganglion retinae trotz seiner Theilung für den Axencylinderfortsatz; den ungetheilten inneren lässt er sich innerhalb des Neurospongium mit den äusseren Fortsätzen der Ganglienzellen des Ganglion optici zu einem Plexus verbinden. Gegen die Auffassung des ersteren als Axencylinderfortsatz spricht die leicht zu constatirende Theilung.

Nach Emery senden die nervösen Zellen der äusseren Lagen der Körnerschicht sogar Fortsätze bis weit in die Schicht der Sehzellen (s. unten) hinein, wo dieselben in der Nähe der Membrana limitans externa zwischen den Kernen der Sehzellen als die von Landolt beschriebenen „kolbenförmigen Körper“ enden.

5) Aeussere reticuläre oder subepitheliale Schicht (äussere granulirte Schicht, Zwischenkörnerschicht) (Fig. 48, 6).

Sie erscheint auf Durchschnitten als eine schmale Lage scheinbar granulirter Substanz, Letztere lässt sich aber mittelst starker Vergrösserungen wiederum als ein

feines Reticulum erkennen, das sich nur dadurch von dem der inneren reticulären Schicht unterscheidet, dass es Kerne mit umgebendem Zellprotoplasma einschliesst. Diese zelligen Gebilde lassen sich besonders deutlich an Flächenpräparaten der betreffenden Schicht nachweisen. Sie erscheinen dann als sternförmige Zellen, deren reich verästelte Ausläufer sich unter einander zu einem feinen Netzwerk verbinden und somit das Reticulum der äusseren reticulären Schicht formiren. Es stellt dasselbe, wie die Spongiosa der inneren reticulären Schicht, eine Stützsubstanzlage dar, durch welche die peripheren Ausläufer der Radiärfasern, ohne Verbindungen einzugehen, in die Schicht der Sehzellen ausstrahlen und in welche die äusseren Fortsätze der Zellen des Ganglion retinae sich einsenken, um in tangentialer Richtung umzubiegen. Da nun andererseits die Basaltheile der epithelialen Sehzellen der Aussenseite dieser äusseren reticulären Schicht unmittelbar aufsitzen (Fig. 50), so ist hier Gelegenheit gegeben für eine Verbindung der Sehzellen mit den äusseren Fortsätzen der Ganglienzellen des Ganglion retinae. Eine solche Verbindung ist von Merkel, Gunn und Kuhnt beschrieben worden. Nach Merkel würde nur ein Theil dieser äusseren Fortsätze hier sich theilen, um seine feinen Theil-Fäden wahrscheinlich mit ebensoviel Stäbchen-Sehzellen in Verbindung zu setzen. Andere Zellen des Ganglion retinae, und zwar die der tieferen Lagen desselben, sollen nur einen ungetheilten Fortsatz entsenden, der sich dann in der äusseren granulirten Schicht mit kegelförmiger Verbreiterung an den Fusskegel einer Zapfen-Sehzelle anlege. Ich hatte früher nur getheilte äussere Fortsätze beschrieben und Kuhnt schliesst sich neuerdings dieser Auffassung gegen Merkel an. Er lässt die feinen horizontalen Ausläufer der getheilten Fortsätze sich früher oder später mit Stäbchen- oder Zapfen-Sehzellen verbinden.

Bei den Cyclostomen und Fischen finden sich nach innen von der beschriebenen Schicht gewöhnlich noch zwei Lagen grosser protoplasmatischer Zellen, die senkrecht zur Dicke der Retina abgeplattet sind und sich wie ein lockeres lückenhaftes Epithel oder auch mit Ausläufern netzförmig an einander legen. Sie sind von W. Müller unter dem Namen: „*tangentiale Fulcrumzellen*“ als besondere Schicht beschrieben worden. Den übrigen Wirbelthierklassen fehlen sie oder sind hier nur rudimentär vorhanden. Es besteht also hier die äussere reticuläre Schicht nur aus der beschriebenen zellenhaltigen Lage, welche mit W. Müller's „Schicht der Nervenansätze“ identisch ist. W. Müller glaubt sich nämlich besonders an der Retina von *Platydictylus* überzeugt zu haben, dass die peripheren Ausläufer der Zellen des Ganglion retinae „am inneren Ende der Sehzellen und zwar in der Regel an einer etwas ausgezogenen Stelle, welche seitlich angebracht ist, mittelst einer konischen im Profil dreieckig erscheinenden Verbreiterung“ inseriren. Die betreffende Figur zeigt aber diese „Insertion“ zweifellos nicht innerhalb der äusseren reticulären Schicht, sondern an der Grenze von sog. äusseren Körnern und Stäbchen, also in der Linie der *Limitans externa*. Ich vermag aus der Figur nichts Anderes herauszulesen, als den Uebergang feiner Fasern in die *Limitans externa*, vermuthlich also von Radialfaser-Ausläufern.

Am eigenthümlichsten ist die Auffassung von W. Krause. Nach ihm besteht diese Lage aus platten mit ihren Rändern theilweise aneinander stossenden Zellen, die somit eine gefensterte Haut, die *Membrana fenestrata*, bilden, in welche einerseits die Stäbchen- und Zapfen-Fasern, andererseits die Radialfasern übergehen sollen, welche er sämmtlich für nicht nervöse Gebilde hält. Die bei Fischen vorkommenden tangentialen *Fulcrumzellen* W. Müller's bezeichnet Krause als *Membrana perforata*. Krause's Auffassung hat keinen Beifall gefunden.

6) S c h i c h t d e r S e h z e l l e n (Neuroepithelschicht, Epithelschicht) (Fig. 48, 7–9; Fig. 50).

Das Sinnesepithel der Retina ruht auf der Aussenseite der äusseren reticulären Schicht. Wie in der Riechschleimhaut sind die Kerne dieses Sinnesepithels nicht über alle Theile der Schicht zerstreut, sondern finden sich nur in

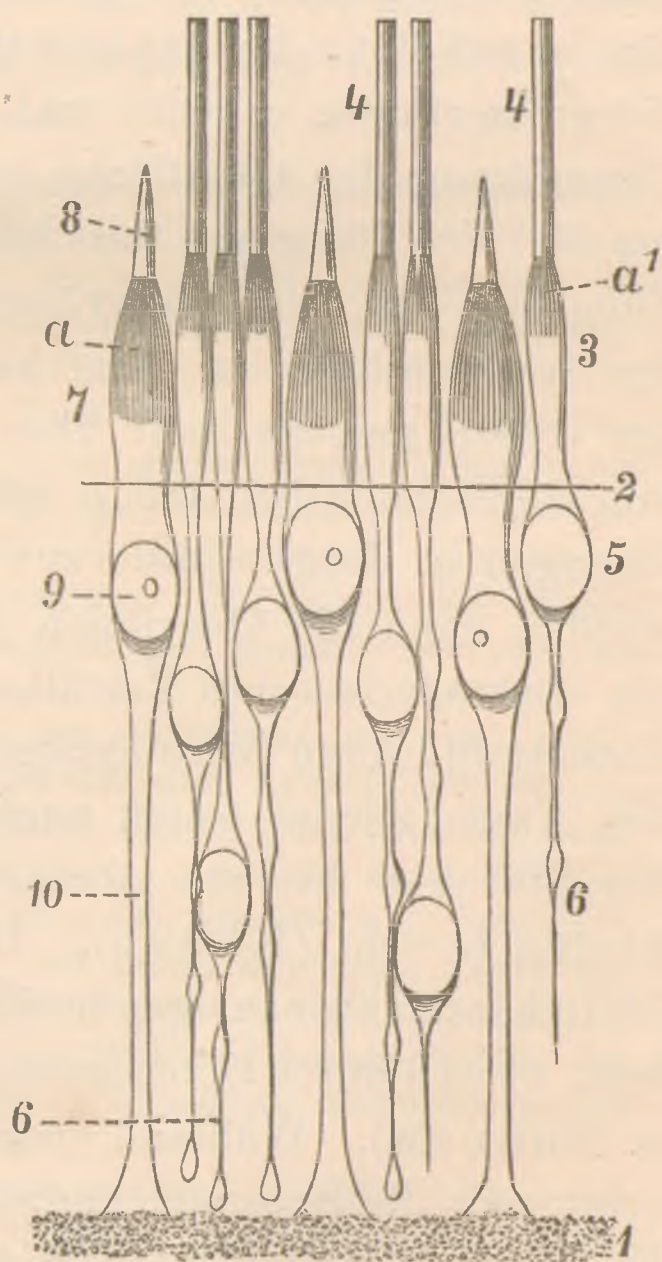
deren innerer Hälfte dicht gedrängt und bilden hier die sog. äussere Körnerschicht (Fig. 48, 7), welche durch die scharfe *Limitans externa* (Fig. 48, 8; 50, 2) von der äusseren kernfreien Zone getrennt wird. Letztere (Fig. 48, 9) enthält die cylindrischen oder flaschenförmigen eigenthümlich umgewandelten peripheren Theile der Sehzellen, welche als Stäbchen und Zapfen bezeichnet werden. In der Nachbarschaft des gelben Fleckes weicht die Kernzone des Sehepithels auch von der äusseren Fläche der äusseren reticulären Schicht mehr oder weniger weit zurück, lässt somit die kernfreien Basaltheile der Sehzellen erkennen (Fig. 48, d), die als radiäre Streifung bzw. Faserung an Durchschnitten bei schwächeren Vergrösserungen zur Beobachtung gelangen. Es schiebt sich hier also noch eine sog. äussere Faserschicht (Henle) zwischen äussere Körnerschicht und äussere reticuläre Lage ein, die aber hiernach nichts weiter wie ein Bestandtheil des Sehepithels selbst ist. Innerhalb der *Macula lutea* erreicht diese äussere Faserschicht ihre höchste Entwicklung (s. unten). Alle diese durch die Vertheilung der Kerne und die *Limitans externa* gebildeten Unterabtheilungen der Schicht der Sehzellen haben das Gemeinsame, dass sie keine Blutgefässe enthalten. Die Gefässe gehören vielmehr ausschliesslich der Gehirnschicht an und dringen nur bis an die Basis der Sehzellen vor. Nur eine merkwürdige Ausnahme von dieser Regel findet sich, nämlich die *Retina* des Aales, in welcher Capillaren auch die äussere Körnerschicht bis dicht unter die *Limitans externa* durchsetzen (Kühne, Denissenko).

Fig. 50. Aeussere reticuläre und Sehzellen-Schicht der menschlichen Netzhaut. Schematisch. Nach M. Schultze. ⁸⁰⁰/₁.

1, äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht; 2, *Membrana limitans externa*; 3, Innenglieder, 4, Aussenglieder der Stäbchen; a', Stäbchen-Ellipsoid mit faseriger Textur; 5, Stäbchenkorn (kernhaltige Anschwellung der Stäbchen-Sehzelle); 6, Stäbchenfaser; 3—6, Stäbchen-Sehzelle; 7, Zapfen-Innenglied; 8, Aussenglied des Zapfens; a, Ellipsoid desselben; 9, Zapfenkorn (kernhaltige Anschwellung der Zapfen-Sehzelle); 10, Zapfenfaser; 7—10, Zapfen-Sehzelle.

Nach der eben gegebenen Darstellung hat man an jeder Sehzelle einen ausserhalb der *Limitans externa* gelegenen kernfreien und einen inneren mit Kern (äusserem Korn) versehenen Abschnitt zu unterscheiden. Während letzterer in den einzelnen Sehzellen verhältnissmässig untergeordnete Differenzen zeigt, sind die ausserhalb der *Limitans externa* gelegenen Stücke der Sehzellen in zwei verschiedenen Formzuständen vorhanden. Die grössere Zahl sind schmale cylindrische Gebilde, welche Stäbchen genannt werden (Fig. 50, 3 u. 4), die kleinere Anzahl flaschenförmig gestaltete Körper, die sog. Zapfen (Fig. 50, 7 u. 8). Hiernach haben wir also Stäbchen-Sehzellen und Zapfen-Sehzellen zu unterscheiden. Beide sind in ihrem inneren zwischen *Limitans externa* und subepithelialer Schicht gelegenen Theile von gleicher Länge; dagegen übertreffen die ausserhalb der *Limitans externa*

Fig. 50.



befindlichen Stäbchen sowohl in ihrem Aussen- als Innenglied die Zapfen je nach der Thierspecies in mehr oder weniger hohem Grade (vergl. Fig. 48 u. 50). Es wird in Folge dieser Anordnung ein doppelter Schirm lichtempfindender Elemente erzeugt (W. Müller).

a) Die Stäbchen-Sehzellen (lange Sehzellen, Lichtzellen) (Fig. 50, 3–6) zerfallen in die kernlosen ausserhalb der Limitans gelegenen Abschnitte, Stäbchen (Fig. 50, 3 u. 4), und in die der äusseren Körnerschicht angehörigen Theile, welche feine oft varicöse Fäden, die Stäbchenfasern (Fig. 50, 6) darstellen; letztere besitzen in den verschiedensten Höhen je eine kernhaltige Anschwellung, das Stäbchenkorn (Fig. 50, 5).

a') Die Stäbchen. Die Stäbchen der menschlichen Netzhaut sind langgestreckte cylindrische Gebilde von etwa $60\ \mu$ Länge und $2\ \mu$ Durchmesser. Sie bestehen aus zwei optisch und chemisch verschiedenen durch eine scharfe quere Linie abgegrenzten Theilen, deren jeder etwa die Hälfte der Stäbchenlänge einnimmt. Der äussere Abschnitt, das Aussenglied (Fig. 50, 4), ist ein cylindrisches Gebilde, homogen, stark glänzend, doppeltbrechend, durch Karmin nicht tingirbar. Der innere Abschnitt dagegen, das Innenglied (Fig. 50, 3), ist feinkörnig, färbt sich durch Karmin blassroth, ist einfach lichtbrechend und besitzt eine weniger regelmässige Cylindergestalt. Ersteres entspricht morphologisch einer Cuticularbildung, letzteres dem peripheren protoplasmatischen Ende einer Cylinder-Epithelzelle. α) Das Aussenglied ist ausser den genannten noch durch folgende Eigenschaften ausgezeichnet. Während seine Basis geradlinig abgeschnitten ist, erscheint sein peripheres Ende kuppelförmig gewölbt oder genauer treppenförmig abgestuft (Kuhnt). Bei sehr starken Vergrösserungen erkennt man eine feine Längsstreifung, welche auf eine feine Cannelirung der Oberfläche zurückzuführen ist. Die Streifung ist nicht genau parallel der Längsaxe des Stäbchens, sondern ein wenig geneigt. Bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen ist auch eine äusserst feine Querstreifung der Aussenglieder zu bemerken. Letztere setzen sich nämlich (M. Schultze) aus einer grossen Zahl über einander geschichteter kreisförmiger Plättchen von durchschnittlich $0,6\ \mu$ Höhe zusammen. In verdünntem Serum, Kochsalzlösungen u. dergl. quillt zunächst die die Plättchen verkittende Substanz; es werden dann die Querlinien deutlicher und bei Auflösung der Kittsubstanz tritt ein charakteristisches Zerfallen der Aussenglieder in ihre Plättchen ein, wobei hirtentabförmige Verbiegungen nicht auszubleiben pflegen. Starke Quellungen des Aussengliedes treten auch auf Zusatz von Kalilauge ein. Die Aussenglieder der Stäbchen besitzen ferner eine zarte strukturlose Hülle, welche aus Neurokeratin besteht (Kühne). Die innerhalb der Hülle gelegene die beschriebene Plättchenstruktur zeigende Hauptmasse der Aussenglieder färbt sich namentlich beim Frosch durch Ueberosmiumsäure schwarz, ähnlich wie Nervenmark (Schultze u. Rudnew). Während aber die Färbung bei letzterem braunschwarz erscheint, zeigt sich die Substanz der Stäbchen-Aussenglieder grünbraun oder grünschwartz. Kühne unterscheidet das Substrat dieser grünschwärzen Färbung als Myeloid von dem Myelin der Markscheiden. In den Stäbchen-Aussengliedern der Säugthiere findet sich das Myeloid in viel geringerer Menge; es tritt deshalb nur eine grünbraune Färbung durch Ueberosmiumsäure ein. Plättchen sowohl, als Kittsubstanz zeigen in gleicher Weise die Myeloidfärbung (Kühne). Die

Stäbchen-Aussenglieder sind endlich noch der Sitz des Sehpurpurs (Rhodopsin) und zwar der ausschliessliche Sitz desselben (vergl. oben S. 89). Es fehlt daher der Sehpurpur allen den Stellen, an denen nur Zapfen vorkommen, also der Fovea centralis. Es färbt der Sehpurpur, wie die mikroskopische Untersuchung ergibt, die Stäbchen-Aussenglieder gleichmässig roth. — β) Das Innenglied der Stäbchen (Fig. 50, 3) erscheint im frischen Zustande blass und feingranulirt. Es ist beim Menschen (und den Säugethieren) cylindrisch mit leichter bauchiger Auftreibung, sodass es um ein Geringes breiter erscheint, als das Aussenglied. Eine eigentliche Membran ist auf der Oberfläche nicht sicher nachzuweisen. Dagegen kommt häufig eine von der Limitans externa ausgehende Längsstreifung der Oberfläche des Innengliedes zur Ansicht, welche auf feine cilienartige Fortsätze der Membrana limitans externa, die als sog. Faserkörbe (M. Schultze; Nadeln [W. Krause]) die Innenglieder umgeben, zurückzuführen ist (Fig. 45, a). Im äusseren Theile des Innengliedes, dessen Breite vollständig einnehmend, findet sich ein bei den meisten Wirbelthieren (z. B. beim Frosch) leicht nachzuweisender Körper, der eine plane Fläche nach aussen der Basis des Aussenglieds zuwendet, eine convexe Fläche dagegen nach innen kehrt, durch Osmiumsäure, Jod, ammoniak. Karmin dunkler gefärbt wird, wie die übrige Substanz des Innenglieds. Man bezeichnet dies linsenartige Gebilde als Stäbchen-Ellipsoid (Opticus-Ellipsoid [W. Krause]; linsenförmiger Körper [M. Schultze]; empfindlicher Körper [W. Müller]). Bei den Säugethieren und den Menschen ist dasselbe schwieriger nachzuweisen; es besitzt hier eine langgestreckte Form und zeigt nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ % leicht eine fasrige Struktur (Fadenapparat von M. Schultze) (Fig. 50 a').

Die Grössenverhältnisse der Stäbchen sind bei den verschiedenen Thieren sehr verschieden. Die längsten Stäbchen besitzen die Fische (bis 140 μ), die dicksten die Amphibien (6 μ beim Frosch). Auch die Gestalt der Aussen- und Innenglieder ist bei vielen von der für den Menschen beschriebenen abweichend. So verjüngen sich bei den Amphibien die Aussenglieder leicht conisch nach aussen, während die Innenglieder bei den Vögeln und Fischen fadenartig erscheinen. Die Batrachier (Frosch, Kröte) sind durch das Vorkommen zweier verschiedener Arten von Stäbchen ausgezeichnet (Schwalbe). Die einen besitzen nur kurze Innenglieder von gleicher Breite wie das Aussenglied. Bei der zweiten Art ist das Aussenglied nur halb so lang wie das der ersten Form, das Innenglied lang und fein fadenförmig. Die langen Aussenglieder der ersten Art zeigen die rothe Farbe des Sehpurpurs, die kurzen der zweiten Art dagegen sind grün gefärbt (Boll, Kühne). Den Salamandrinen kommt nur eine Art von Stäbchen, die rothgefärbten, zu.

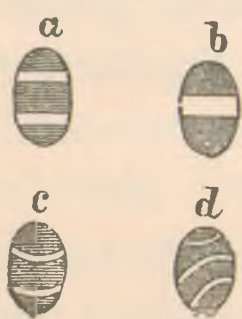
Das Vorkommen einer axialen Faser im Innengliede der Stäbchen, wie sie früher W. Krause annahm, ist bestimmt in Abrede zu stellen. Auch aus dem Aussengliede ist eine solche Faser vielfach als Ritter'sche Faser beschrieben. Eine scharf gesonderte Axenfaser existirt aber auch hier nicht; dagegen ist nicht in Abrede zu stellen, dass die axialen Theile der Aussenglieder aus einer chemisch differenten Substanz bestehen, die mitunter als ein axialer Strang zur Ansicht gelangt, sodass man daran denken kann, an jedem Stäbchen, abgesehen von der Keratin-Membran, noch eine resistenteren Rinden- und eine vergänglichere Axensubstanz anzunehmen (Hensen). In der That vermochte Kuhnt an den Stäbchen-Aussengliedern von Salamandra durch Behandlung mit 33 % Chlorallösungen eine Differenzirung derselben in eine körnige axiale und eine streifige periphere Substanz zu erhalten.

Nach Merkel sind die oben beschriebenen Faserkörbe nichts weiter als Falten glasheller die Innenglieder umgebender Scheiden.

b') Die Stäbchenfasern und Stäbchenkörner. Die innerhalb der Limitans externa gelegenen Theile der Stäbchen-Sehzellen erscheinen als feine leicht vergängliche Fäden (Stäbchenfasern) (Fig. 50, 6), welche die Neigung besitzen, unter der Einwirkung verdünnter Lösungen von Chromsäure, Ueberosmiumsäure etc. Varicositäten zu bilden. Diese Stäbchen-

fasern ziehen von der Limitans externa radiär bis zur äusseren Fläche der äusseren reticulären Schicht und sitzen dieser unter Bildung einer kleinen kegelförmigen Anschwellung direkt auf. Während ihres Verlaufes von der Limitans externa bis zur Gehirnschicht der Netzhaut zeigt jede Stäbchenfaser eine spindelförmige kernhaltige Anschwellung (Stäbchenkorn) (Fig. 50, 5), deren Lage aber innerhalb der verschiedenen Stäbchenfasern eine sehr verschiedene sein kann. Es kann nämlich das Stäbchenkorn bald nahe der Limitans externa liegen, bald nahe der äusseren granulirten Schicht, bald mehr in der Mitte zwischen beiden. Das Stäbchenkorn selbst wird fast vollständig durch einen ellipsoidischen Kern (Kern der Stäbchen-Sehzelle) von 6 bis 7 μ Länge ausgefüllt, der durch eine eigenthümliche quere Bänderung (Henle) ausgezeichnet ist. Stets sind die Pole durch eine dunkle tingirbare Substanz eingenommen; zwischen ihnen ist dann entweder nur ein helles Querband oder es finden sich zwei durch ein drittes dunkles Querband geschiedene helle (Fig. 51). Die Grenzflächen zwischen heller und dunkler Substanz sind gewöhnlich nicht glatt, sondern uneben, höckerig oder selbst fein zackig (Flemming). An Osmiumsäurepräparaten differenziren sich 1—2 winzige Kügelchen, die von Flemming für Nucleolen erklärt werden.

Fig. 51.

Fig. 51. Kerne der Stäbchen-Sehzellen. $\frac{1000}{1}$.
Mit Querstreifen.

a, b, von der Katze, c, d, vom Kalbe.

b) Die Zapfen-Sehzellen (kurze Sehzellen, Farbenzellen.) (Fig. 50, 7—10).

Auch diese zerfallen zunächst wieder in die ausserhalb der Limitans externa gelegenen Abschnitte, die Zapfen, und in die der äusseren Körnerschicht einverleibten inneren Theile, die Zapfenfasern mit ihren Zapfenkörnern.

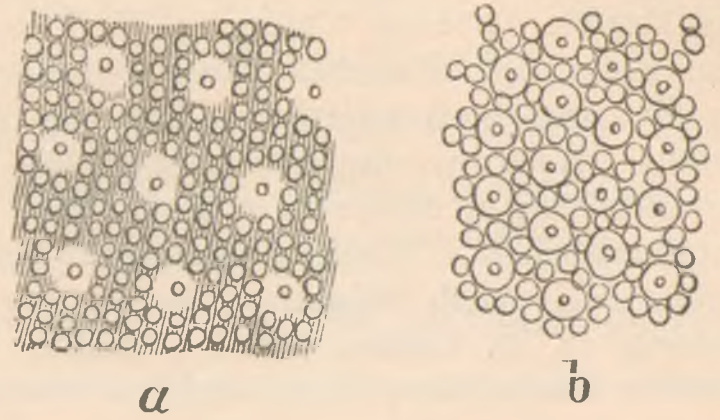
a') Die Zapfen lassen wie die Stäbchen ein stark lichtbrechendes Aussenglied (Zapfenstäbchen) (Fig. 50, 8) und ein weiches blasses Innenglied (Zapfenkörper) (Fig. 50, 7) erkennen, deren chemische und physikalische Eigenschaften nahezu vollständig dieselben sind, wie die der gleichnamigen Theile der Stäbchen. Nur fehlt den Aussengliedern der Zapfen der Sehpurpur. Durch ihre Gestalt sind aber beide Abschnitte der Zapfen leicht von denen der Stäbchen zu unterscheiden. Die Aussenglieder der Zapfen verjüngen sich nämlich nach aussen conisch und sind kürzer, als die der Stäbchen. Die Innenglieder sind dagegen bedeutend dicker, als die der Stäbchen, bauchig aufgetrieben. Es resultirt daraus für den gesammten Zapfen eine flaschenförmige Gestalt. Die Länge der Zapfen beträgt 32 bis 36 μ , wovon etwa zwei Drittheile auf das Innenglied kommen. Die grösste Breite des letzteren ist 6,7 μ . Da das Aussenglied nun ungleich dünner ist, so folgt, dass bei der Betrachtung der flächenhaft ausgebreiteten Retina von aussen (Fig. 52) in der Mosaik der Stäbchen und Zapfen letztere als Doppelkreise erscheinen werden: es gehört der grössere äussere Kreis dem Innengliede, der kleinere innere Kreis dem Aussengliede an. Die Stäbchen dagegen erscheinen nur als einfache Kreise. Dieselben Flächenansichten geben über die räumliche Vertheilung der Stäbchen und Zapfen Auskunft. Letztere finden sich in regelmässigen Abständen, der Art, dass

im grösseren Theile der Netzhaut (Fig. 52, a) je drei bis vier Stäbchen in der Verbindungslinie zwischen zwei Zapfen liegen; in der unmittelbaren Nähe des gelben Fleckes

Fig. 52.

Fig. 52. Ansicht der Aussenfläche der Retina des Menschen nach Entfernung des Pigment-epithels. Nach M. Schultze. ⁵⁰⁰/₁.

a, Anordnung der Stäbchen (einfache kleine Kreise) und Zapfen (Doppelkreise) in den meisten Theilen der Netzhaut; b, Anordnung in der Umgebung der Macula lutea.



rücken die Zapfen näher an einander; je zwei sind nur noch durch ein Stäbchen getrennt, sodass also jeder Zapfen von einem einfachen Kranze von Stäbchen umgeben ist (Fig. 52, b). Die Gesamtzahl der Zapfen in der menschlichen Retina beträgt nach Salzer etwa 3,360,000, übertrifft also die von ihm gefundene Zahl der Sehnervenfasern (s. oben S. 86) um das 7 bis 8fache.

α) In Betreff des Aussengliedes der Zapfen ist noch speciell hervorzuheben, dass sie ebenfalls von einer Keratin-Membran umhüllt werden, dass ferner der Inhalt ebenso leicht die Erscheinung des Plättchen-Zerfalls zeigt, wie der der Stäbchen-Aussenglieder.

β) Das Innenglied (Zapfenkörper) enthält in der dem Aussenglied benachbarten Hälfte einen dem Stäbchen-Ellipsoid vergleichbaren Körper (Zapfen-Ellipsoid) (Fig. 50, a), der beim Menschen unter denselben Bedingungen wie in den Stäbchen eine fasrige Struktur erkennen lässt (Fadenapparat von M. Schultze) und nahezu zwei Drittheile des Zapfenkörpers ausfüllt.

In den Zapfen-Innengliedern der übrigen Wirbelthiere finden sich solche linsenförmige Körper ebenfalls in grosser Verbreitung, aber von viel geringerer Länge. Sie fehlen nur den Reptilien, die statt ihrer weiter nach innen einen ovalen Körper (Oval von Merkel) im Innengliede besitzen, der sich durch Jod schön weinroth färbt, während die eigentlichen Ellipsoide dadurch nur gelb oder gelbbraun gefärbt werden (Schwalbe). Auch in den Zapfen der Vögel kommen diese Ovale vor, besonders in einem der beiden Constituenten eines Doppelzapfens (s. unten).

Von grösstem Interesse ist das Vorkommen farbloser oder farbiger Kugeln im Innenglied. Sie liegen stets an der Grenze des Aussengliedes und füllen somit die Spitze des Innengliedes vollständig aus. Beobachtet sind dergleichen Kugeln unter den Fischen bei den Ganoiden, ferner bei Amphibien, Reptilien und Vögeln und endlich unter den Säugern bei den Beutelhieren (C. K. Hoffmann). Besonders schön entwickelt sind sie in den Klassen der Reptilien und Vögel. Neben farblosen finden sich hier rubinrothe, orange, gelbe, gelbbraune, grüne, ja nach einigen Angaben (z. B. W. Krause) auch blassblaue Kugeln. Die Kugeln besitzen stets eine fetthaltige durch Ueberosmiumsäure sich schwärzende Grundlage, welche bei den farblosen Kugeln allein vorhanden ist. Die Farben der gefärbten Oelkugeln lassen sich auf drei verschiedene lichtbeständige Farbstoffe (Chromophane W. Kühne) zurückführen: auf das grüngelbe Chlorophan, das orangefarbene Xanthophan und das rothe Rhodophan (Kühne). Durch Jod werden alle Arten der farbigen Kugeln blau gefärbt. — Die Zapfen mit farbigen Kugeln können ausser der gefärbten Kugel noch diffuses Pigment im Innengliede besitzen, wie dies bei Vögeln und Reptilien beobachtet ist.

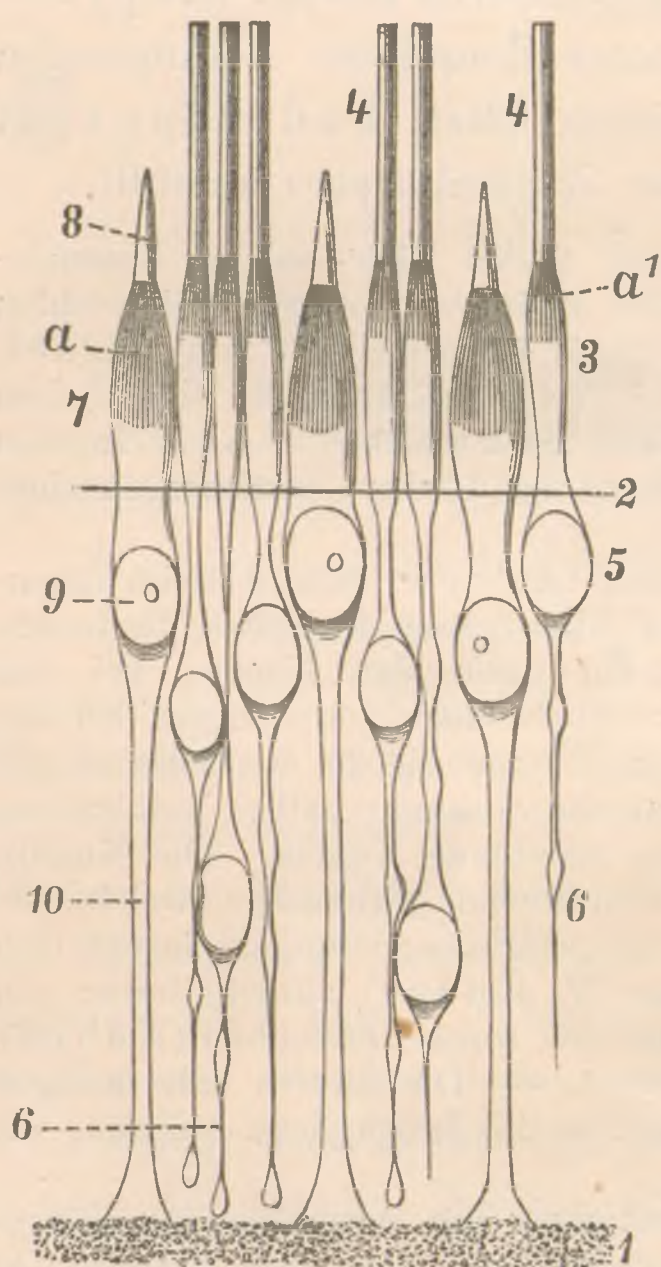
Eigenthümliche Bildungen sind die bei allen Wirbelthierklassen mit Ausnahme der Säugthiere vorkommenden Doppel- oder Zwilling-Zapfen. Es sind dies zwei mit den basalen Theilen ihrer Innenglieder seitlich verwachsene Zapfen. Gewöhnlich (Reptilien, Vögel) zeigt nur ein Zapfen (Hauptzapfen) den Bau der übrigen einfachen; der andere ist kleiner, entbehrt in den betreffenden Klassen der Oelkugel und des Ellipsoids (Nebenzapfen). Bei den Fischen verhalten sich beide Constituenten der Doppelzapfen gleich. Man hat vermuthet (Dobrowolsky), dass die Doppelzapfen Theilungsformen der einfachen vorstellen, also auf eine Regeneration der Zapfen zu beziehen sind.

Sehr verschieden ist Grösse und Gestalt der Zapfen bei den verschiedensten Thieren. Bei den Fröschen sind sie auffallend klein. Sehr gross sind sie bei den Fischen, schlank und deshalb stäbchenähnlich bei Reptilien und Vögeln. In der Retina der beiden letzteren Thierklassen überwiegen an Zahl die Zapfen bedeutend, bei vielen Reptilien (Eidechsen, Schlangen,

Schildkröten) scheinen sie sogar die einzigen Sehzellen zu sein. Andererseits wurde von M. Schultze behauptet, dass manchen nächtlichen Thieren, unter den Säugethieren der Fledermaus, dem Igel, Maulwurf, dem Nachtaffen Zapfen vollständig fehlen, während andere das Dunkle liebende Thiere (z. B. Eule, Maus) nur spärliche Zapfen besitzen. Es wurde von dem genannten Forscher dieser Befund, sowie das Vorkommen farbiger Kugeln in den Zapfen für die Ansicht verwerthet, dass die Zapfen in besonderer Beziehung zur Farbenempfindung stehen. Krause dagegen leugnet den Zapfenmangel bei den genannten Thieren. Nach seinen Untersuchungen erscheint es zweifellos, dass Fledermaus, Maus, Meerschweinchen, Kaninchen Zapfen besitzen. Ebenso fanden Kühne und Krause abweichend von M. Schultze Zapfen beim Aal. Auch Sehpurpur findet sich nach Kühne bei verschiedenen das Dunkle liebenden Thieren (z. B. Dachs, Ratte, Eulen), während er den Stäbchen-Aussengliedern der Netzhäute anderer Nachtthiere (*Caprimulgus europaeus*, *Vespertilio serotinus*) fehlt.

b') Die Zapfenfasern und Zapfenkörner. Die innerhalb der Membrana limitans gelegenen Theile der Zapfen-Sehzellen unterscheiden sich beim Menschen und den Säugethieren (auch bei den Fischen) in charakteristischer Weise von den entsprechenden Abschnitten der Stäbchen-Sehzellen. Die kernhaltigen Anschwellungen (Zapfenkörner) (Fig. 53, 9) liegen mit Ausnahme der Macula lutea dicht der Limitans externa an, sodass Zapfenkörper und Zapfenkorn durch eine breite Verbindungsbrücke vereinigt werden. Im Zapfenkorn ist ein dasselbe nahezu ausfüllender ellipsoidischer Kern (Kern der Zapfen-Sehzelle) nachzuweisen, der etwas grösser ist, als der Kern des Stäbchenkornes, der Quer- bänderung entbehrt, dafür aber ein deutliches Kernkörperchen besitzt. Vom Zapfen-

Fig. 53.



korn verläuft eine verhältnissmässig breite (1,1 bis 1,3 μ) Zapfenfaser (Fig. 53, 10) radiär nach innen und setzt sich unter kegelförmiger Verbreiterung auf der Aussenseite der äusseren reticulären Schicht fest. Von den Rändern der Basis dieses Zapfenkegels entstehen feine Fäserchen, die sich in der Ebene der äusseren reticulären Schicht verbreiten und hier wahrscheinlich mit feinen Nervenfasern in Verbindung treten. Die Zapfenfasern sind zuweilen fein längsgestreift; diese Streifung darf aber nicht auf eine Zusammensetzung aus Fibrillen bezogen werden.

Fig. 53. Aeussere reticuläre und Sehzellen-Schicht der menschlichen Netzhaut. Schematisch. Nach M. Schultze. ⁸⁰⁰/₁.

1, äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht; 2, Membrana limitans externa; 3, Innenglieder, 4, Aussenglieder der Stäbchen; a', Stäbchen-Ellipsoid mit faseriger Textur; 5, Stäbchenkorn (kernhaltige Anschwellung der Stäbchen-Sehzelle); 6, Stäbchenfaser; 3-6, Stäbchen-Sehzelle; 7, Zapfen-Innenglied; 8, Aussenglied des Zapfens; a, Ellipsoid desselben; 9, Zapfenkorn (kernhaltige Anschwellung der Zapfen-Sehzelle); 10, Zapfenfaser; 7-10, Zapfen-Sehzelle.

Zapfen- und Stäbchenkörner, Zapfen- und Stäbchenfasern sind die wesentlichsten Bestandtheile der innerhalb der Limitans externa gelegenen Theile des Sehepithels, welche früher unter dem Namen „äussere Körnerschicht“ zusammengefasst wurden. Dieselbe misst beim Menschen 50—60 μ an Dicke und enthält die kernhaltigen Stellen der Sehzellen in zahlreichen Lagen auf einander geschichtet, jedoch so, dass die der Zapfen die äussere Reihe einnehmen. Abge-

sehen von diesen epithelialen Theilen finden sich in der äusseren Körnerschicht die oben (S. 94) beschriebenen Ausstrahlungen der Müller'schen Stützfasern (Fig. 45, c). Die *Limitans externa* (*Membrana reticularis retinae*) (Fig. 53, 2), mit welcher letztere in Verbindung treten, besteht aus einer dem Keratin sehr nahe stehenden Substanz (Kuhnt). Auf Durchschnitten erscheint sie wie eine scharf gezogene gestrichelte Hilfslinie. An Flächenansichten erkennt man, dass sie ein sehr zierliches Gitterwerk bildet mit grösseren Oeffnungen für die Zapfen- und kleineren für die Stäbchen-Sehzellen. Von der Aussenseite der *Limitans externa* erheben sich die oben beschriebenen feinen Fasern und bilden um die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen die sog. Faserkörbe (Fig. 45 a).

Ausser den geschilderten Formelementen der äusseren Körnerschicht beschreibt Landolt aus der Retina von Triton und Salamandra noch eigenthümliche kolbenförmige Elemente, die mit einem Stiele aus der äusseren granulirten Schicht sich erheben und dicht unter der *Limitans externa* in eine kernhaltige Anschwellung übergehen. Ich habe früher die Vermuthung ausgesprochen, dass man es hier mit abgebrochenen Stäbchen- oder Zapfenfasern zu thun habe. Emery und Ranvier halten sie dagegen für reelle Bildungen und finden sie mit Ganglienzellen des *Ganglion retinae* im Zusammenhang. Ranvier bezeichnet sie als Landolt'sche Keulen. Kuhnt, der sie ebenfalls anerkennt, lässt sie theils als Sprossenbildungen von Zellen des *Ganglion retinae*, theils von äusseren Körnern entstehen und betrachtet sie als Ausgangspunkt für eine Regeneration von Stäbchen und Zapfen.

Die Zapfenkörner der Reptilien und Vögel unterscheiden sich nicht von den Stäbchenkörnern. Die äussere Körnerschicht ist hier, wie bei den Amphibien, meist nur aus 2 Lagen (selten 3 bis 4) von „Körnern“ aufgebaut. Nach W. Krause sollen die von Kühne und Deniszenko in der äusseren Körnerschicht des Aals gefundenen Gefässe nicht in dieser, sondern in der inneren Körnerschicht liegen. Gegen diese Deutung der Schichten erhebt indessen Deniszenko gewichtige Einwände.

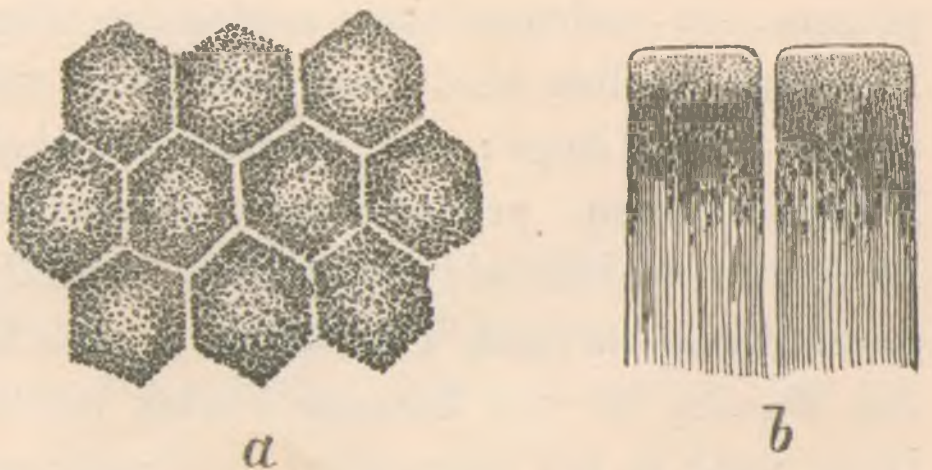
7) Epithel der Retina, Pigmentepithel.

Das Epithel der Retina (Pigmentepithel) geht aus dem äusseren Blatte der secundären Augenblase hervor. Anfangs von dem zur übrigen Retina verdickten inneren Blatte durch einen dem Ventrikelsysteme des Gehirns homologen Spaltraum getrennt, legt es sich später der äusseren Fläche der Sehzellen innig an, ja sendet zwischen diese noch zahlreiche feine Protoplasmafäden hinein, die je nach den unten zu erörternden äusseren Bedingungen in verschiedenem Grade mit Pigmentkörnchen besetzt sind. An Flächenansichten (Fig. 54, a) erscheinen die in einfacher Lage das Pigmentepithel formirenden Zellen polygonal,

Fig. 54.

Fig. 54. Zellen des Pigmentepithels der Netzhaut des Menschen. Nach M. Schultze.

a, Flächenansicht; b, Seitenansicht. In letzterer erkennt man die langen wimperförmigen Fortsätze, pigmentlose Kuppe und Hut. Der Kern ist nicht dargestellt.



bis auf den Kern von Pigmentkörnchen imprägnirt, gegen ihre Nachbarn durch helle scheinbar einer Kittsubstanz entsprechende Streifen getrennt. Die meisten dieser Zellen sind sechsseitig; daneben finden sich aber auch vier-, fünf- und siebenseitige, ja sogar solche, bei denen die Seitenzahl auf 8 oder 9 steigt. Die Zellen des Pigmentepithels sind nicht an allen Stellen gleich breit. Ihre Durchmesser schwanken zwischen 12—18 μ . Eine 1—1,5 mm breite Zone grosser

Pigmentzellen (Grosszellenzone) findet sich an der Ora serrata (Kuhnt; beim Frosch von Morano erwähnt). An den anderen Localitäten sind grosse Zellen zwischen kleineren zerstreut, der Art, dass jede grosse sechs- oder mehrseitige von einem Kranze kleiner vier- bis sechsseitiger Zellen umgeben ist. Die der Ora serrata benachbarten Partien zeigen sich überdies stärker pigmentirt, als die centralen Theile der Netzhaut. Während Flächenansichten scheinbar den ganzen Zellinhalt mit Ausnahme des Kernes von Pigmentkörnchen durchsetzt zeigen, belehren Seitenansichten (Fig. 54 b) oder Durchschnitte durch die Epithelschicht darüber, dass an jeder Zelle in der Richtung von aussen nach innen verschieden organisirte Zonen auf einander folgen. Die äussere an die Chorioi-des grenzende Zone (Kuppe der Epithelzelle) zeigt sich vollkommen pigmentfrei, aus Protoplasma aufgebaut, das an der Grenze gegen die zweite nach innen folgende Abtheilung der Zelle einen, seltener zwei farblose ellipsoidische Kerne einschliesst. Seine äussere Fläche sowohl, wie die den Nachbarzellen zugekehrten Seiten sind von einer aus Keratin bestehenden napfförmigen Cuticular-Hülle (Hut [Kuhnt, Angelucci]) bekleidet. Die verschmolzenen zwischen je zwei Zellen sich einschiebenden Ränder dieser Hüte erscheinen als die oben erwähnten die Zellen trennenden Kittstreifen. Im Protoplasma der Kuppe finden sich häufig Einlagerungen von zweierlei Art. Am verbreitetsten sind Fettkugeln, farblos (Kaninchen) oder goldgelb gefärbt durch das am Licht bleichende Lipochrin (Frosch, Vögel). Seltener finden sich in die äusseren Theile des Protoplasmas eigenthümliche kugelige eckige oder wurstförmige Körper von wachsartigem Glanz eingebettet, die Myeloidkörner [Kühne] (aleuronoide Körner von Angelucci). Sie bestehen aus derselben Substanz wie das Stäbchen-Myeloid (s. oben S. 104) und sind bisher nur beim Frosch, bei der Eule und beim Bussard gefunden. Beim Menschen hat man bisher sowohl die Fettkugeln, als die Myeloidkörner vermisst. — An die farblose Kuppe der Epithelzelle schliesst sich nach innen an ein stark pigmentirter Abschnitt (Basis der Epithelzelle), welcher seinerseits wieder zahlreiche feine wimperartige Fäden (Fortsätze) zwischen die Stäbchen und Zapfen bis in die Nachbarschaft der Membrana limitans externa entsendet. Die äusseren Enden der Stäbchen-Aussenglieder ragen noch zum Theil in die pigmentirte Substanz der Epithelzellen-Basis hinein. Die Grundlage der Basis und der wimperartigen Fortsätze ist auch hier Protoplasma, in welches aber zahlreiche Pigmentkörnchen eingebettet sind. Diese Pigmentkörnchen sind langgestreckt, von stabförmiger oder spiessiger Gestalt und 1—5 μ Länge; bei niederen Wirbelthieren erkennt man deutlich, dass sie langgestreckten prismatischen Krystallen entsprechen (Frisch). Mit ihrer Längsaxe stehen sie sämmtlich sowohl in der Basis der Epithelzellen, als in deren wimperartigen Fortsätzen senkrecht zur Ebene der Retina. Ihr Farbstoff, das Fuscin, ist von brauner Farbe, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether; durch Licht wird es bei Gegenwart von Sauerstoff langsam gebleicht (Kühne, Mays).

Sehr verschieden kann sich je nach den obwaltenden Bedingungen die Vertheilung der Fuscinkörner in Basis und Fortsätzen der Epithelzellen gestalten. Vom wesentlichsten Einfluss ist dabei die Belichtung. Im Dunkeln gehaltene Thiere (diese Versuche sind von Kühne besonders an Fröschen angestellt) zeigen die wimperartigen Fortsätze frei von Pigment, während unter dem Einfluss der Belichtung Pigmentkörnchen längs der Wimpern in grosser

Menge nach innen wandern, um sich zu einer zweiten Pigmentzone an der Grenze von Sehzellen-Innen- und Aussengliedern anzusammeln. Diese Wanderung der Pigmentkörnchen kann nicht durch Ausstrecken bzw. Einziehen der protoplasmatischen Fortsätze bedingt werden; denn bei Fischen (*Abramis brama*), welche neben dem Pigment reichliche Ablagerungen von Guanin in den Fortsätzen der Epithelzellen zeigen, behält das Guanin, gleichgültig, ob die Thiere im Dunkeln gehalten wurden oder dem Licht ausgesetzt waren, seine Lage unverändert bei, während die Pigmentkörnchen auch hier bei Belichtung bis zur oben bezeichneten Stelle vordringen, im Dunkeln dagegen zurückwandern (Kühne und Sewall). Es kann dies Wandern der Pigmentkörnchen also nur durch innere Bewegungserscheinungen der beständig ausgestreckten Protoplasmawimpern erklärt werden, durch Bewegungen ähnlich der Körnchenströmung an den Pseudopodien der Rhizopoden.

Mit diesem Wandern des Pigments steht eine makroskopische Erscheinung in innigem Zusammenhang. An belichteten Netzhäuten haftet das Pigmentepithel an der Retina, sodass man bei der Präparation beide im Zusammenhang aus dem Auge entleert. An Augen von Thieren, die im Dunkeln gehalten waren, bleibt dagegen das Retinaepithel an der Chorioides zurück, die Netzhaut schlüpft farblos aus. Im ersten Falle bedingt die Anschwellung der wimperartigen Fortsätze durch die Pigmentanhäufung das Haften des Epithels an den Stäbchen. In letzterem Falle muss mit dem Zurückwandern eine Lockerung des Zusammenhanges eintreten. Wahrscheinlich füllen die Fäden in diesem Zustande die Zwischenräume zwischen den Stäbchen nicht vollständig aus. Es führt dies zur Annahme einer Zwischensubstanz zwischen Epithel und Stäbchen, die wir aber uns nach Kenntniss der geschilderten Erscheinungen unmöglich von zäher elastischer Beschaffenheit denken können, wie dies Henle und H. Müller annehmen. Wir müssen dieselbe vielmehr für eine Flüssigkeit halten. Mit dieser Auffassung stimmen auch einige merkwürdige Injectionsresultate gut überein. Bei Injectionen unter die Pialscheide des Sehnerven erhält man häufig, abgesehen von Lymphbahnen des Sehnerven und der Netzhaut, eine vom Eintritt des Opticus ausgehende Injection zwischen Retina und Pigmentepithel (Schwalbe).

Bei Albinos ist das Retina-Epithel vollkommen pigmentfrei. Auch viele der Zellen dieser Schicht, welche vor dem Tapetum lucidum (bei Raubthieren und Hufthieren) gelegen sind, entbehren des Pigments oder enthalten nur sehr spärlich Fuscinkörnchen.

Eine schräg geneigte Stellung der Pigment-Epithelzellen findet Angelucci in dem vor dem Aequator gelegenen Bezirk bei der Taube.

B) Macula lutea und Fovea centralis. *)

Lage, Grösse und Gestalt der Macula lutea und Fovea centralis sind schon oben besprochen worden (S. 88). Auch der gelben Färbung wurde bereits gedacht. Hier ist in Betreff der letzteren nachzutragen, dass derselben ein diffuser gelber Farbstoff zu Grunde liegt, der sämtliche vor den Sehzellen gelegene Netzhautschichten der Macula gleichmässig durchtränkt, den Sehzellen

*) Figur und Beschreibung habe ich nach einem mir von Kuhnt freundlichst zu diesem Zweck übermittelten Präparat ausgeführt. Leider zeigte sich an demselben das Centrum der Fovea nicht genau getroffen, sodass ich Kuhnt's Angaben über den Fundus foveae und seine Foveola nicht näher prüfen konnte. Als neu füge ich der im Wesentlichen der Kuhnt'schen entsprechenden Beschreibung Angaben über das Verhalten der Limitans externa zur äusseren Grenzlinie der Zapfenkörner hinzu.

aber fehlt. Im Grunde der Fovea centralis wird deshalb mit der Gehirnschicht der Netzhaut auch der gelbe Farbstoff vermisst. Dem Grunde der Fovea fehlen innerhalb eines Bezirkes von etwa 0,5 mm Dm. auch Blutgefässe gänzlich, während in der Macula lutea dieselben gefunden werden (Leber, Becker). Eine scharfe äussere Grenze lässt sich für die Macula nicht angeben, da die gelbe Farbe nach der Peripherie allmählig abnimmt, ebenso wie die Verdickung der gesamten Netzhaut, welche der Macula lutea zukommt und vorzugsweise auf eine mächtige Zunahme der Nervenzellen des Ganglion optici zurückzuführen ist. Nach dem Grunde der Fovea zu fällt dieser verdickte Wall etwa unter einem Winkel von $35 - 40^\circ$ ab, indem zuerst die Nervenfaserschicht (Fig. 55, 1), sodann die Schicht der Ganglienzellen und die innere reticuläre (Fig. 55, 2 u. 3), zuletzt die (innere) Körnerschicht mit der äusseren reticulären (Fig. 55, 4 u. 5) aufhört. So besteht also im Grunde der Fovea (Fig. 55 a) die Netzhaut nur

Fig. 55.

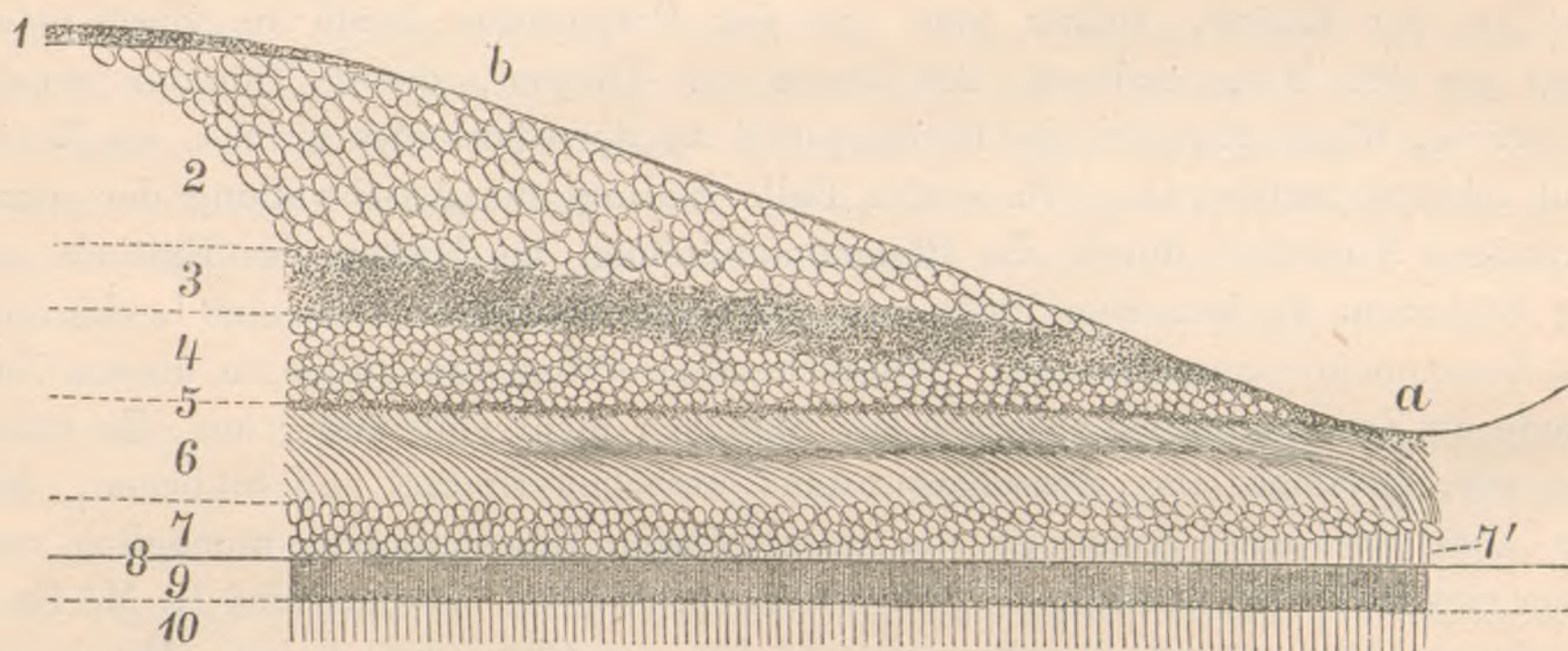


Fig. 55. Durchschnitt durch die Macula lutea und Fovea centralis des Menschen. Nach einem Präparate von Kuhnt entworfen. Halbschematisch.

a, Fundus foveae; b, Abhang der Macula lutea nach der Fovea zu. 1, Nervenfaserschicht; 2, Ganglienzellschicht; 3, innere reticulirte Schicht; 4, Körnerschicht; 5, äussere reticulirte Lage; 6, äussere Faserschicht von Henle, bestehend aus den gebogenen Zapfenfasern; 7, Schicht der Zapfenkerne (äussere Körnerschicht); 7', kernfreie Zone zwischen Zapfenkernen und Membrana limitans externa (8); 9, Innen-Glieder der Zapfensehzellen; 10, deren Aussenglieder.

noch aus den epithelialen Elementen, den Sehzellen, die hier, wie im ganzen Gebiet der Macula lutea, ausschliesslich als Zapfen-Sehzellen auftreten. Nur eine minimale Schicht feinreticulirter Substanz von 1μ Dicke findet sich noch auf der Innenfläche der Zapfenfaserlage; wahrscheinlich entspricht dieselbe einem letzten Rest der gesamten reticulären Stützsubstanz der Gehirnschicht. Dieser rein epitheliale Grund der Fovea (Fundus foveae von Kuhnt) ist von ovaler Gestalt und misst in horizontaler Richtung 0,2 mm, in verticaler nur 0,15 mm. Er ist bis auf ein centrales etwa 5 bis 6 Zapfenbreiten umfassendes Grübchen (Foveola fundi [Kuhnt]) plan. Innerhalb dieses Grübchens liegen die Zapfenkörner in einfacher Lage; die Dicke der Retina beträgt hier nur noch 80μ .

Spezieller gestalten sich die Veränderungen der einzelnen Schichten im Gebiet der Macula und Fovea in folgender Weise. Die Nervenfasern, deren Verlauf zur Macula bereits oben S. 96 beschrieben wurde, hören zuerst auf, eine besondere Schicht zu bilden. Die letzten Andeutungen einer Nervenfaserschicht finden sich in etwa 0,4 mm vom Centrum der Fovea. Die Ganglienzellen

des Ganglion optici, die in der nächsten Umgebung der Macula lutea bereits eine Vermehrung bis zu 2 oder 3 Lagen erfahren hatten, nehmen im Gebiet der Macula lutea selbst ausserordentlich an Zahl zu, sodass sie nunmehr in 7 bis 9 Lagen übereinander geschichtet sind und eine Schicht von 60—80 μ Dicke bilden (Fig. 55, 2). Dabei erleiden sie eine Veränderung ihrer Gestalt der Art, dass sie langgestreckt und bipolar werden, mit ihrem Längsdurchmesser schräg in der Richtung nach dem Centrum der Fovea geneigt. Der der Nervenfaserschicht zugekehrte Pol der Ganglienzelle geht in einen zur Opticusfaser werden- den Axencylinderfortsatz, der entgegengesetzte dem Centrum der Fovea näher gerückte unter späterer Theilung in verästelte Fortsätze über. Nach der Fovea zu (in 135 μ Entfernung vom Centrum der Fovea) verdünnt sich die Ganglienzellenschicht allmählig, um unweit des Randes vom Fundus aufzuhören. Innere und äussere reticuläre Schicht zeigen im Gebiet der Macula nur eine geringe Dickenzunahme. Im Grunde der Fovea gehen sie, auf ein Minimum reducirt, in den oben erwähnten feinen Saum reticulärer Substanz über (vergl. Fig. 55, 3 u. 5). Die Körnerschicht (innere Körnerschicht) (Fig. 55, 4) dringt etwas weiter nach dem Centrum der Fovea vor, als die Ganglienzellenschicht, fehlt im Grunde der Fovea aber ebenfalls (Kuhnt). Im Gebiet der Macula-Verdickung zeigt sie eine, wenn auch nicht bedeutende, Zunahme; ihre Zellen liegen in 9 bis 10 Reihen über einander geschichtet; sie sind überdies grösser als in der übrigen Retina und denen des Ganglion optici ähnlicher. Die auffallendste und wichtigste Veränderung, welche Macula und Fovea gegenüber der übrigen Retina aufzuweisen haben, ist das ausschliessliche Vorkommen von Zapfen-Sehzellen (Fig. 55, 6—9). Oben wurde bereits der bedeutenden Abnahme der Stäbchen am Rande der Macula gedacht. Innerhalb derselben finden sich nur noch Zapfen, die anfangs noch 4 bis 5 μ breite Innenglieder besitzen, bald aber sich zu 60—75 μ langen schlanken Gebilden umgestalten, deren Innenglieder nur noch 2 bis 2,5 μ Durchmesser besitzen, demnach eine besonders feine Mosaik herstellen. Der Durchmesser der Aussenglieder beträgt nur 1 μ . Aus dem Durchmesser des Innengliedes berechnet Kuhnt die Zahl der im Fundus foveae befindlichen Zapfen auf ungefähr 7000 (nach Becker 13000 innerhalb der gefässfreien Strecke). Wie M. Schultze gefunden hat, stehen die Zapfen im grösseren Theile der Macula entsprechend einem von Hensen aufgestellten physiologischen Postulat nicht in geraden Linien neben einander, sondern in Bogenlinien, die zwei sich unter rechtem Winkel schneidende Systeme bilden, ähnlich der Zeichnung, welche sich auf dem Rücken vieler unserer Taschenuhren vorfindet. Eine scharf gezeichnete Membrana limitans externa trennt die Zapfen von ihren Körnern. Dieselbe ist aber nicht nach innen convex eingebogen, wie dies M. Schultze aus dem Gebiet der Fovea beschreibt und abbildet, sondern wie im übrigen Theile der Netzhaut vollkommen geradlinig, worin ich mit Merkel übereinstimme. Eine solche Einbiegung der Membrana limitans externa wird leicht vorgetäuscht durch eine eigenthümliche Anordnung der Kerne der Zapfen-Sehzellen innerhalb der Fovea. Sie liegen nämlich (Fig. 55, 7') nicht unmittelbar an der Innenseite der Membrana limitans externa, sondern beginnen erst in 12 μ Abstand nach innen von der genannten Membran, sodass dadurch in den centralen Partien der Fovea eine kernfreie Zone entsteht, die sich peripher allmählig verschmälert und schliesslich unter Anlagerung der Zapfenkörner

an die Membrana limitans externa schwindet. Die äussere Grenzlinie der Zapfenkörner convergirt also peripher zur Membrana limitans externa und ist wohl, da man stets von einer innigen Anlagerung der äusseren Körner an die Limitans externa geredet hat, in unserem Falle mit letzterer verwechselt worden. Was nun die Zapfenkörner selbst betrifft (Fig. 55, 7), so finden sie in Folge der Feinheit und deshalb dichteren Lagerung der Zapfen hier nicht alle unmittelbar unter ihrer äusseren Grenzlinie bzw. unter der Limitans externa Platz, sondern schichten sich zu 3—4 Lagen. Die langen Zapfenfasern aber zeigen einen höchst eigenthümlichen Verlauf, der um so ausgeprägter erscheint, je näher dem Centrum der Fovea sich die Zapfenfasern entwickeln. Da sie ihre Verbindung mit nervösen Elementen wegen des Fehlens derselben in der eigentlichen Fovea erst peripher erreichen können, so müssen sie vom Centrum der Fovea an zunächst schräg nach aussen, also im Allgemeinen radiär zum Centrum der Fovea verlaufen; sie werden ferner im Centrum derselben am längsten sein, nach der Peripherie der Macula zu dagegen allmählig kürzer werden und sich aufrichten. Sie bilden dabei im ganzen Gebiet der Macula eine mächtige äussere Faserschicht (Henle) (Fig. 55, 6) deren Dicke bis $170\ \mu$ beträgt. Jede Zapfenfaser biegt innerhalb derselben von ihrem Kern aus zunächst schräg in nahezu horizontale Richtung um; aus dieser horizontalen Richtung geht sie dann nach kürzerem oder längerem dem Centrum der Fovea abgekehrten Verlauf unter einem Bogen in die schräg an die äussere reticuläre Schicht herantretende kegelförmige Endanschwellung über (M. Schultze). Im Fundus foveae sind sogar schon die Zapfenkörner schräg gestellt, nach Kuhnt zum Theil auch die Innenglieder der Zapfen. — Das Epithel der Retina ist im Bereich der Macula lutea stärker pigmentirt, schmaler, aber höher, als an anderen Stellen der Netzhaut und mit längeren Fortsätzen ausgestattet.

Ein gelber Fleck mit Fovea centralis findet sich nur noch bei den Affen. Eine nicht pigmentirte Area centralis (H. Müller) kommt aber wahrscheinlich allen Säugethieren zu. Ich konnte mich von deren Existenz als einer nicht pigmentirten Fovea beim Schaf überzeugen; Ganser fand bei der Katze eine an Ganglienzellen reiche Verdickung an der temporalen Seite der Papille, vermuthlich den verdickten Rand einer kleinen Fovea. Bei den Vögeln ist es schon H. Müller gelungen, eine Fovea aufzufinden, die in der Mitte des hinteren Augensegments oder mehr nach der Schläfenseite zu liegt. Bei einigen Vögeln fand H. Müller sogar zwei Foveae, deren eine, nahe der Ora serrata gelegen, vermuthlich für binoculäres Sehen verwerthet wird. Auch bei den Reptilien ist von H. Müller und Hulke eine Fovea gefunden. Nach W. Krause besitzt der Frosch eine solche im Hintergrunde des Auges. In Betreff der Fische existiren dagegen keine Angaben.

Die gelbe Farbe der menschlichen Macula bildet sich erst nach der Geburt, ist beim Neugeborenen noch nicht wahrzunehmen. Ueber die Entwicklung der Fovea centralis ist nichts Sicheres bekannt. Es ist deshalb bis jetzt nur eine Vermuthung, dass sie als letzter Rest der fötalen Retinaspalte aufzufassen sei (Manz, Hannover). Für dieselbe hat man den Verlauf der Nervenfasern, das Fehlen der Gefässe angeführt. Gegen diese Auffassung spricht scheinbar die Lage der menschlichen Fovea: nur unter Annahme einer bedeutenden Lageveränderung wäre es möglich, dieselbe aus der Retinaspalte abzuleiten. Diese Schwierigkeit wird zum Theil beseitigt durch die oben angeführten Untersuchungen von Vossius über die Lage der Eintrittsstelle der Centralgefässe des Sehnerven und die Drehung des Bulbus während der Entwicklung, welche in der für die Deutung der Macula als Augenspalten-Rest verlangten Richtung erfolgt.

C) Ora serrata.

An der Ora serrata geht die Pars optica der Netzhaut unter mehr oder weniger plötzlicher Abnahme ihrer Dicke in die nur noch 40 bis $50\ \mu$ dicke

Pars ciliaris retinae über. Vom Augenhintergrunde bis zur Ora serrata war die Dickenabnahme der Retina eine ganz allmähliche. Innerhalb einer Zone von 18 mm Breite nimmt die Dicke der Retina langsam von 0,428 mm bis zu 0,140 mm ab. An der Ora serrata dagegen erfolgt jene Dickenabnahme und die sie bedingende Veränderung des feineren Baues sehr rasch innerhalb eines Gebietes von nur 0,1 mm Breite. Dass die Schicht der Nervenfasern und Ganglienzellen schon vor der Ora serrata als besonders zu definierende Schichten geschwunden sind, ist oben schon erwähnt (S. 97 u. 98). Die plötzliche Verdünnung an der Ora wird im Wesentlichsten durch das Aufhören beider reticulären Schichten bedingt. Zuerst hört die äussere reticuläre Schicht auf, es confluiert die sog. äussere mit der inneren Körnerschicht, dann endet die innere reticuläre, auf dem Querschnitt gewöhnlich in Form eines abgestumpften Kegels. Bereits vorher war aber schon die Schicht der Sehzellen lückenhaft geworden und gänzlich geschwunden. Dabei erhalten sich die zerstreut stehenden Zapfen weiter nach dem Rande hin, als die Stäbchen, scheinen aber der Aussenglieder zu entbehren. Am weitesten nach der Pars ciliaris zu erstreckt sich von allen Schichten die (innere) Körnerschicht, welche ganz allmählig in die innere cylindrische Zellenlage der Pars ciliaris sich fortsetzt. Charakteristisch für die Ora serrata ist abgesehen von der geschilderten Abnahme der nervösen und epithelialen Elemente eine bedeutende Zunahme der Müller'schen Stützfasern an Stärke und Zahl.

Die Gegend der Ora serrata ist sehr gewöhnlich Sitz mannigfacher seniler Veränderungen, die durch Veränderungen der Chorioides, insbesondere Verödung ihrer Capillarschicht eingeleitet zu sein scheinen. Kuhnt unterscheidet vier Formen seniler Veränderungen der Netzhaut-Peripherie: 1) einfache Atrophie der nervösen Elemente bei vollkommener Erhaltung der Sehzellen; 2) Confluiren der äusseren und inneren Körnerschicht unter Auftreten grosser ovaler Kerne und eines grobfibrillären Gewebes mit Schwund der Stäbchen und Zapfen; 3) Hypertrophie der Müller'schen Fasern und dadurch bedingte Atrophie der nervösen Elemente nebst Schwund der Sehzellen; 4) Entwicklung eines kernreichen faserigen verfilzten Gewebes mit Schwund der nervösen Elemente.

Eine gewöhnliche Folge dieser Altersveränderungen ist das Auftreten von Lücken in den peripheren Theilen der Netzhaut (Blessig); am häufigsten finden sie sich in der äusseren Körnerschicht und reduciren dieselbe auf kernhaltige Bündel den Zapfenfasern ähnlicher Gebilde (Arcadenfasern von Merkel). Nicht selten treten derartige Lücken auch in der inneren Körnerschicht auf, können auch wohl mit den äusseren Lücken zusammenfliessen. Nach Kuhnt kommen sie sogar in der inneren reticulären und weiter centralwärts sogar in der Nervenfasern- und Ganglienzellschicht vor. „Die Localisation der Cysten hängt lediglich vom Zustande der senilen Veränderung ab, in welchem sich die Netzhaut vorher befindet. Nie entwickeln sie sich in einem ganz normalen Gewebe“ (Kuhnt). Von M. Schultze und Iwanoff wurde diese Veränderung als „Oedem der Netzhaut“ bezeichnet.

D) Ende der Retinaschichten an der Eintrittsstelle des Sehnerven.

Bereits oben (S. 90) wurde hervorgehoben, dass gewöhnlich die Retina an der Macula-Seite des Sehnerven in allen ihren Schichten gleichmässig abgeschnitten aufhört, während sie an der medialen Seite sich zuschärft, der Art, dass die äusseren Schichten am weitesten nach dem Opticus vorragen. Eine solche Zuschärfung kann auch im ganzen Umfange des Sehnerven stattfinden (Kuhnt). Innerhalb dieser zugeschärften Partie zeigt die äussere Körnerschicht eine deutlich ausgesprochene schräge Faserung (Schwalbe) und zwar sind die der Stäbchenschicht zustrebenden äusseren Faserenden central, die inneren peripher zur Retinafläche orientirt. Im gleichen Sinne schräg gestellt sind die am weitesten nach dem Centrum der Papille vorragenden Stäbchen und Zapfen (Kuhnt). Eine sich mit der Streifung der äusseren Körnerschicht kreuzende Faserung sah Schwalbe vom Sehnerven aus direkt in diese Partie der Retina eindringen. Ueber das spongiöse intermediäre Gewebe zwischen Opticus und Retina s. oben S. 91. Bemerkenswerth ist noch die relativ starke Entwicklung einer kernfreien Zone an den Basen der Sehzellen. Diese „äussere Faserschicht“ ist hier 20—24 μ dick, erreicht nahezu die Dicke der äusseren Körnerschicht im engeren Sinne. Die Dicke der äusseren reticulären Schicht beträgt in diesem Gebiet 6—8 μ .

Zusammenhang der Netzhautelemente und Endigung des Sehnerven.

Eine jede Uebersicht über die Verbindungen der Netzhautelemente unter einander hat zunächst die nervösen und nicht nervösen Elemente auseinander zu halten. 1) Die nicht nervösen Elemente. a) Sie werden vorzugsweise repräsentirt von der aus dem Ectoderm stammenden Stützsubstanz der Retina. Hierzu rechnen wir die Müller'schen Radialfasern mit ihren Ausbreitungen und Kernen, sowie die Hornspongiosa der beiden reticulären Schichten nebst Spongioblasten und tangentialen Fulcrumzellen von W. Müller, endlich eine weiche Kittsubstanz, die besonders in der Ganglienzellschicht bei einigen Thieren sich in ansehnlicher Menge finden kann. b) Es gehören zu den nicht nervösen Elementen als einzige Repräsentanten echter Binde-substanzen die Blutgefässe und vielleicht auch die flachen endothelialen Zellen, welche besonders innerhalb der Nervenfaserschicht in grösserer Zahl gefunden werden. 2) Zu den nervösen Elementen der Retina rechnen wir die Nervenfasern des Opticus, die Ganglienzellen des Ganglion optici sowie des Ganglion retinae (nervöse innere Körner) mit ihren Ausläufern. 3) Als eine dritte Formation kann man die epithelialen Bestandtheile der Netzhaut den beiden erstgenannten an die Seite stellen. Hier haben wir wieder eine äussere Lage oder das Retina-Epithel im engeren Sinne (Pigmentepithel) von einer inneren Lage, den epithelialen Sehzellen zu unterscheiden. Ob etwa die Pigmentepithelzellen, wie Boll annahm, mit Nervenfasern im Zusammenhang stehen, ist nicht bekannt. Ueber die Bedeutung der Sehzellen aber als Neuroepithelzellen, als Endzellen der Sehnervenfasern, entsprechend den als Endigungen der Riech- und Geschmacksnerven anerkannten Riechzellen und Geschmackszellen, sind jetzt nahezu alle Forscher einig. Nur Krause leugnet solche Beziehungen und lässt die Sehnervenfasern in der Nähe der äusseren Grenze der (inneren) Körnerschicht in eigenthümlichen Ganglienzellen enden, die Sehzellen aber durch Vermittlung seiner Membrana fenestrata mit den Müller'schen Stützfasern verbunden sein (s. oben S. 102). Als ein Hauptbeweis gegen den Zusammenhang von Sehzellen und Sehnervenfasern wurde angeführt, dass nach Durchschneidung des Sehnerven nur die Sehnervenfasern und Ganglienzellen des Gangl. optici degeneriren, alle anderen Schichten aber intact bleiben (Lehmann, Krause). Auch die Untersuchung der Retina anencephaler Missgeburten ergab nur Mangel der Nervenfasern und der anliegenden Ganglienzellen; alles Uebrige war gut ausgebildet (v. Wahl, Manz). Da aber auch die anerkannt nervösen inneren Körner (Ganglienzellen des Ganglion retinae) gut erhalten waren, so beweist die fehlende Degeneration der Stäbchen und Zapfen nichts gegen ihren Zusammenhang mit Nervenfasern. Dass sie aber in der That die Licht empfindenden Theile der Netzhaut sind, geht schon aus der Erscheinung der Purkinje'schen Aderfigur hervor, welche durch den Schatten, den die bis in die äussere reticuläre Schicht vordringenden Netzhautgefässe auf die Licht percipirende Schicht werfen, zu Stande kommt (H. Müller). Denn es bleibt ja nach aussen von der äusseren reticulären keine andere Schicht übrig, als die der Sehzellen. Sind nun die Sehzellen wirklich die Endigungen des N. opticus, so ist damit doch noch nichts Genaueres über die Art ihrer Verbindung mit den Nervenfasern ausgesagt. Es schieben sich ja zweierlei Arten von Ganglienzellen (die des Ganglion retinae und optici) zwischen Sehzellen

und Opticusfasern ein. Es ist also zu entscheiden, wie diese beiden Arten von Ganglienzellen sich zu einander, sowie zu den Sehzellen einerseits, zu den Opticusfasern anderseits verhalten. Dass die Ganglienzellen des Ganglion optici durch ihre Axencylinderfortsätze direkt in Sehnervenfasern sich fortsetzen, ist allgemein anerkannt. Unwahrscheinlich aber ist es, dass die Fasern des Sehnerven nur aus diesen Ganglienzellen stammen. Denn die Zahl der Sehnervenfasern übertrifft zweifellos die der genannten Ganglienzellen. Es ist deshalb eine zweite, bisher aber nicht erwiesene, Möglichkeit der Entstehung von Sehnervenfasern im Auge zu behalten, nämlich aus Vereinigung der feinen Nervenfibrillen, die innerhalb des Neurospongium aus den Verästelungen der Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen hervorgehen. Eine dritte Quelle für Sehnervenfasern liefern höchst wahrscheinlich die Ganglienzellen der Körnerschicht (des Ganglion retinae von W. Müller), deren centrale Fortsätze sich ungetheilt oft weit durch die innere reticuläre Schicht bis an die Grenze der Ganglienzellenschicht verfolgen lassen. Für diese Auffassung spricht auch der Befund bei Petromyzon. Hier findet sich nämlich die Nervenfaserschicht unmittelbar nach innen von der Körnerschicht, dann folgt die innere reticuläre und dann hart am Margo limitans die Ganglienzellenschicht. Es ist hier also die Opticusfaserlage zwischen beide Ganglienzellenschichten eingeschoben und es wird deshalb unwahrscheinlich, dass, wie es vielfach angenommen wird, die nervösen Zellen der Körnerschicht sich zunächst mit den Ganglienzellen des Opticus und erst durch Vermittlung dieser mit Sehnervenfasern in Verbindung setzen. Ein solcher Zusammenhang ist in keinem Falle sicher nachgewiesen. Wir müssen also nach Allem eine direkte Verbindung der nervösen (inneren) „Körner“ mit Opticusfasern für das Wahrscheinlichste halten.

Es bleibt dann aber noch die Frage nach dem Zusammenhang beider Arten von Nervenzellen mit den Sehzellen zu erledigen. Ein direkter Zusammenhang mit den Ganglienzellen des Ganglion optici ist nie gesehen. Dagegen spricht Alles für eine direkte Verbindung der nervösen (inneren) Körner (Ganglienzellen des Ganglion retinae) mit den basalen Enden der Sehzellen. Positive Beobachtungen haben in dieser Richtung Merkel, Gunn und Kuhn t beigebracht (vergl. darüber und über W. Müller's Angaben oben S. 102). Ist dem so, so ist das Wahrscheinlichste, dass eine Zapfen-Sehzelle durch Vermittlung der aus ihrem Zapfenfaserkegel sich entwickelnden Fäserchen mit mehreren nervösen inneren Körnern sich verbindet, während umgekehrt eine Anzahl von Stäbchensehzellen mit einer Zelle des Ganglion retinae in Verbindung treten. Unverständlich bleiben aber selbst in diesem Schema einige Zahlenverhältnisse, wie z. B. das Verhältniss der Zahl der Zapfen zu der der Sehnervenfasern. Nach Salzer beträgt die Zahl der Zapfen in der Retina etwa 3,360,000, der Opticusfasern nur 438,000. Krause glaubt sogar die enormen Zahlen von 7 Millionen für die Zapfen und 130 Millionen für die Stäbchen auf 1 Millionen Opticusfasern annehmen zu müssen. Legen wir die Salzer'schen Zahlen zu Grunde, so würde aus dem zweifellosen Ueberwiegen der Zapfen über die Opticusfasern ein Confluiren mehrerer von den Zapfen ausgehenden Leitungsbahnen zu je einer Sehnervenfaser anzunehmen sein, also das Gegentheil von dem, was oben auf Grund anatomischer Untersuchungen für das Wahrscheinlichste erklärt wurde.

B) Pars ciliaris retinae.

Von der Ora serrata an setzen sich beide Blätter der secundären Augenblase in inniger Berührung über die ganze innere Oberfläche des Ciliarkörpers fort, um am Ciliarrande der Iris in die Pars iridica retinae überzugehen. Das äussere Blatt der Pars ciliaris besteht aus der Fortsetzung der Pigmentepithelschicht. Die Pigmentzellen sind hier aber niedriger ($7\ \mu$) und entbehren der Fortsätze. Das innere Blatt der secundären Augenblase ist im Gebiet der Pars ciliaris auf eine einzige Lage pigmentfreier feinkörniger und längsgestrichelter Cylinderzellen reducirt. Ihre Höhe beträgt beim Menschen in der Nähe der Ora serrata $40-50\ \mu$, auf der Höhe der Ciliarfortsätze noch $14\ \mu$. An ihren Längsseiten sind sie oft mit feinen Zäckchen und Rauigkeiten versehen, die in die Vertiefungen der Nachbarzellen hineingreifen. Man hat diese Zellen vielfach

Fig. 56.

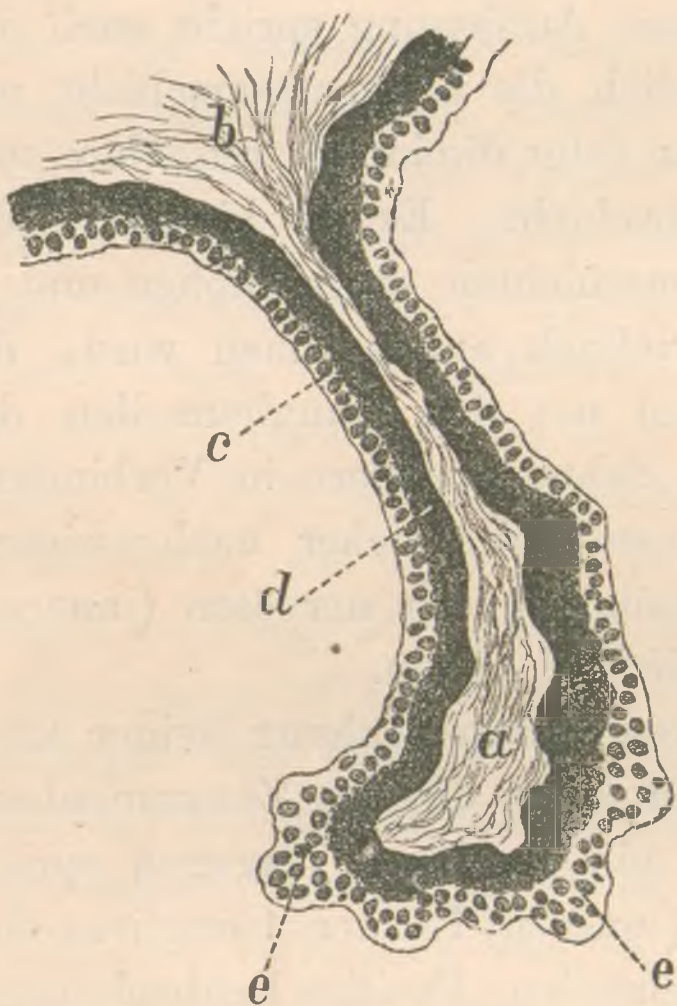


Fig. 56. Durchschnitt durch einen Ciliarfortsatz senkrecht zu dessen Längsaxe.

a, Bindegewebe, bei b von der inneren bindegewebigen Lage des Ciliarkörpers ausgehend; c, farbloses Epithel der Pars ciliaris retinae; d, Pigmentschicht der Pars ciliaris retinae; e, e, Anschwellungen des farblosen Epithels, welche z. Theil auf Flächenansichten eines von seiner Unterlage abgeschnittenen Theiles zurückzuführen sind.

als modificirte Fortsetzungen der Radialfasern der Pars optica retinae angesehen; natürlicher und durch die Entwicklungsgeschichte zu begründen ist dagegen die Auffassung, dass die Cylinderzellen der Pars ciliaris als indifferent gebliebene Bildungszellen der Retina anzusehen sind. Nach innen werden die Cylinderzellen durch eine mit der Zonula ciliaris (s. unten) theilweise fest verwachsene glashelle Membran begrenzt, welche zwischen die

mannigfach geformten, zuweilen auch getheilten Basen der Cylinderzellen zahlreiche netzförmig verbundene Leistchen hineinsendet. Es ist diese Membran als eine von den Zellen der Pars ciliaris gelieferte Cuticularmembran, also als eine echte Limitans, anzusehen; ihre zwischen die Zellen der Pars ciliaris eingreifenden Zacken und Leistchen können aber nicht als Homologa der Müller'schen Stützfasern, mit denen sie in chemischer Beziehung übereinstimmen (Berger), angesehen werden, da die Müller'schen Radialfasern durch Umwandlung radiär gestellter Zellen entstehen, nicht auf dem Wege cuticularer Abscheidung.

C) Pars iridica retinae (Pars retinalis iridis).

S. unter Iris.

Gefässe des Sehnerven und der Netzhaut.

I. Blutgefässe.

Das Blutgefässsystem des Sehnerven und der Retina ist vollkommen getrennt von dem Blutgefässsystem der äusseren bindegewebigen Hüllen des Augapfels

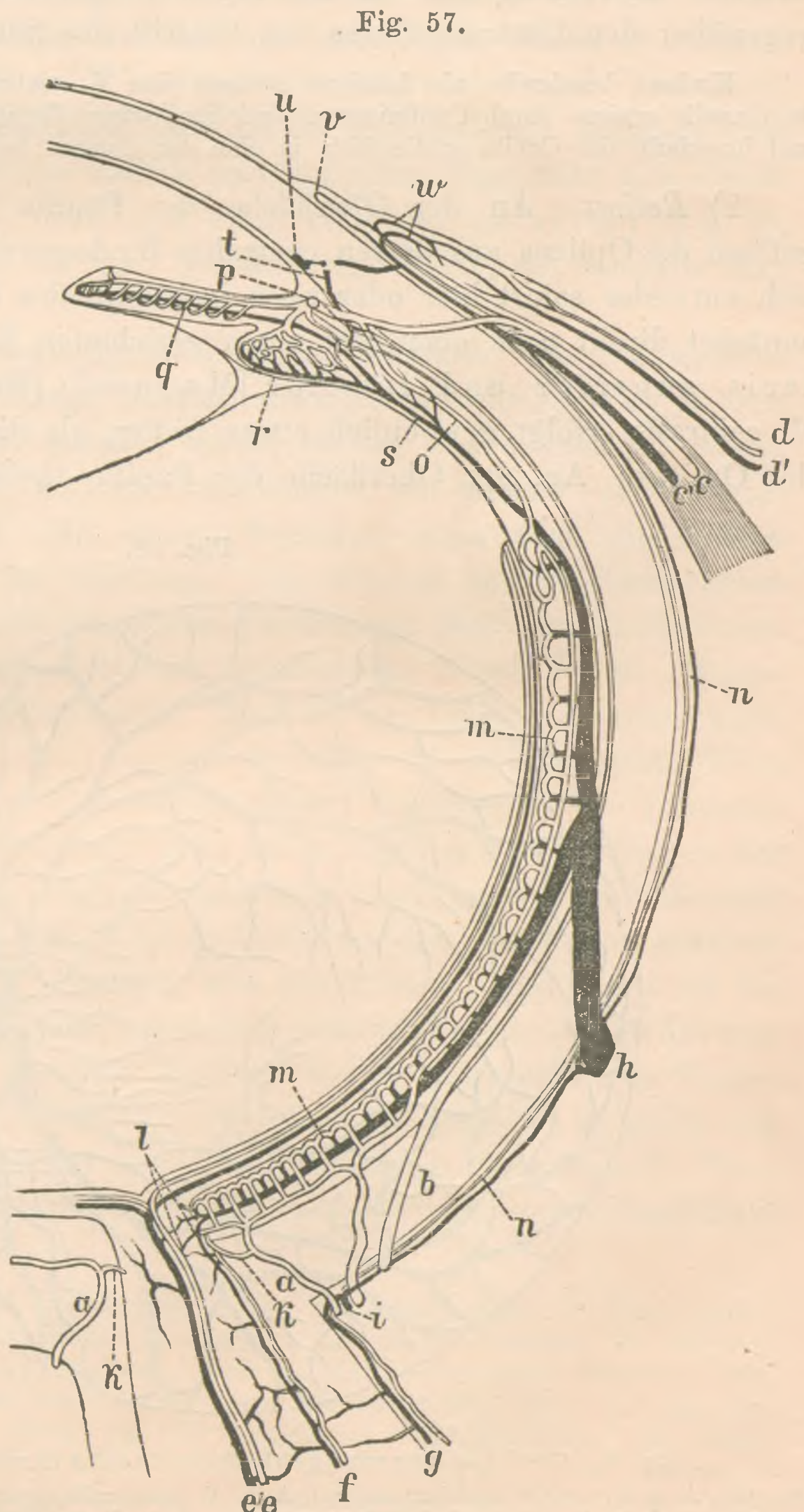
(Ciliargefäßssystem). Nur an der Eintrittsstelle des Sehnerven in den Augapfel stehen beide Gefäßsysteme durch feine Zweige unter einander in Verbindung.

1) *Sehnerv*. Der in der Orbita verlaufende Theil des Sehnerven wird in seiner ganzen Ausdehnung von den Gefäßen der Pialscheide (Scheidengefäße) versorgt, die ihrerseits in variabler Anordnung von der A. und V. ophthalmica entspringen. In einer Entfernung von 15 bis 20 mm vom Augapfel treten in der oben (S. 86) beschriebenen Weise die Centralgefäße, A. und V. centralis retinae, in den Sehnerven ein, um von nun an in der Axe des Sehnerven bis zur Papilla optici zu verlaufen und sich von dort aus in der Retina auszubreiten (vergl. Fig. 40 u. 41; Fig. 57, e, e'). Während ihres Verlaufes durch den Sehnerven versorgen sie mit feinen Zweigen die centralen Partien des letzteren (Fig. 57), während die peripheren ihr Blut aus den

Fig. 57. Schematische Darstellung der Blutgefäße des Auges. Nach Leber.

Horizontalschnitt; Arterien hell, Venen schwarz.

a, a, Aa. ciliares posticae breves; b, A. ciliaris postica longa; c, c', A. und V. ciliaris antica; d, d', A. und V. conjunctivalis posterior; e, e', A. und V. centralis retinae; f, Gefäße der Pialscheide des Sehnerven; g, Gefäße der Duralscheide des Sehnerven; h, V. vorticiosa; i, V. ciliaris postica brevis; k, k, Zweige der Aa. ciliares posticae breves zum Sehnerven; l, Anastomose der Chorioidal-Gefäße mit denen des Sehnerven; m, Chorio-capillaris; n, n, episclerale Arterien und Venen; o, A. recurrens chorioid.; p, Querschnitt des Circulus arteriosus iridis major; q, Gefäße der Iris; r, Ciliarfortsatz mit seinen Gefäßen; s, Zweig der V. vorticiosa aus der Iris und dem Ciliarfortsatz, in geringer Entfernung abwärts einen Zweig aus dem Ciliarmuskel aufnehmend; t, Zweig der vorderen Ciliarvene aus dem Ciliarmuskel; u, Canalis Schlemmii (in seinen Verbindungen mit den vorderen Ciliarvenen etwas abweichend von dem Leber'schen Original dargestellt); v, Randschlingennetz der Hornhaut; w. A. u. V. conjunctivalis anterior.



Scheidengefäßen (Fig. 57, f) erhalten. Sämmtliche Blutgefäße des Sehnerven verlaufen in den die Bündel sondernden Bindegewebsbalken. Besonders dicht wird das Gefäßnetz, wo letztere dicht sind, also innerhalb der Lamina cribrosa. Hier ist es auch, wo das Netzhautgefäßssystem mit dem Ciliargefäßssystem Verbindungen eingeht. Dieselben sind zweierlei Art

(Leber): 1) An der Eintrittsstelle des Opticus in die Sclera treten zwei bis drei Zweige der Aa. ciliares posticae breves zur Sclerotica (Fig. 57, k, k) und bilden unter Verästelung in dieser rings um den Opticus einen Gefässkranz, *Circulus arteriosus nervi optici* s. *Zinnii* (Skleralgefässkranz, Zinn'scher oder Haller'scher Kranz). Aus ihm entspringen nach aussen zahlreiche Zweige zur Chorioides, nach innen feinere zum Sehnerven und dessen Pialscheide. Es stellt der arterielle Gefässkranz also eine mittelbare Verbindung zwischen Netzhaut- und Ciliar-Gefässsystem dar. Ein dem arteriellen Kranze entsprechender venöser existirt nicht. 2) Da wo der Sehnerv den Chorioidalring passirt, treten zahlreiche feine Gefässe aus der Chorioides in den Sehnerven ein und anastomosiren mit dessen Capillarnetz (Fig. 57, l). Es existirt hier also eine unmittelbare Verbindung zwischen Ciliar- und Netzhaut-Gefässsystem. Ersteres übernimmt hier so zu sagen die Rolle, welche die Scheidengefässe gegenüber den Centralgefässen vor Eintritt des Sehnerven spielten.

Kuhnt beschreibt als häufigen Befund eine V. centralis posterior nervi optici, welche im Canalis opticus durch Confluiren zahlreicher kleiner Zweige entsteht, axial nach vorn zieht und innerhalb der Orbita schliesslich in eine der grossen Venen der Pialscheide mündet.

2) *Retina*. An der Oberfläche der Papilla optici tauchen die Centralgefässe des Opticus aus dessen centralem Bindegewebsstrange hervor und theilen sich entweder sofort hier oder noch innerhalb des Opticus selbst in ihre beiden zunächst direkt nach oben und unten gerichteten Hauptäste (A. und V. papillaris superior und inferior [Magnus]) (Fig. 58). Die Theilung der V. centralis erfolgt gewöhnlich etwas früher, als die der Arterie noch innerhalb des Opticus. Auf der Oberfläche der Papille theilen sich beide Hauptäste der

Fig. 58.

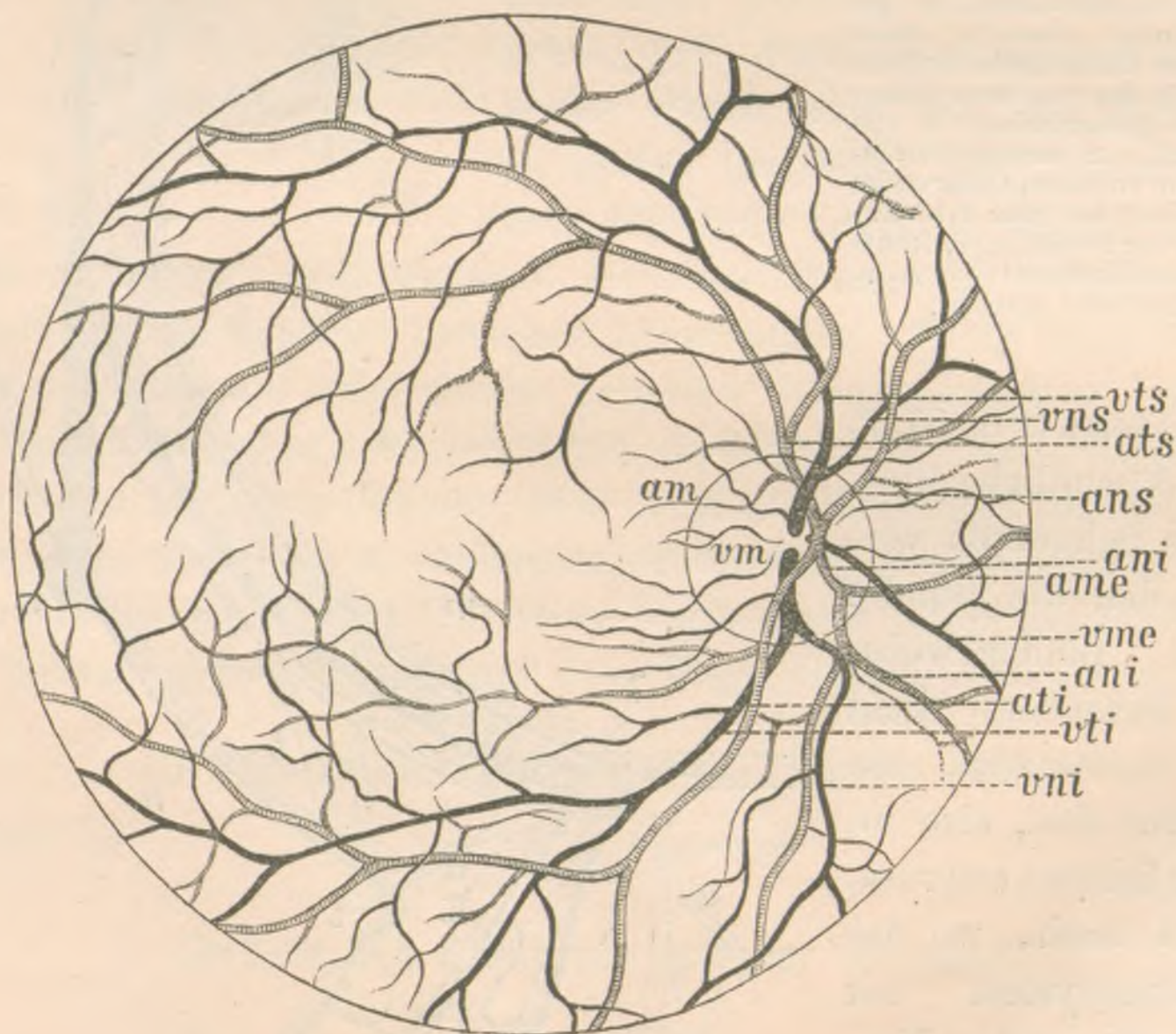


Fig. 58. Gefässe der menschlichen Netzhaut nach E. Jäger und Leber.

ans, vns, A. u. V. nasalis superior; ats, vts, A. u. V. temporalis superior; ani, vni, A. u. V. nasalis inferior; ati, vti, A. u. V. temporalis inferior; ame, vme, A. u. V. mediana; am und vm, A. u. V. macularis.

Arterie und Vene abermals in je zwei Zweige. Auch diese Theilung kann, wiewohl seltener, schon innerhalb des Sehnerven vorkommen, sodass dann vier venöse und vier arterielle Gefäße aus der Papille hervortreten. Von den beiden Zweigen der A. und V. papillaris superior und inferior wendet sich je einer medianwärts (nasalwärts) (A. und V. nasalis superior und inferior von Magnus) (Fig. 58, ans, ani; vns, vni), der andere lateral- oder temporalwärts (A. und V. temporalis superior und inferior von Magnus) (Fig. 58, ats, ati; vts, vti). Erstere müssen selbstverständlich kürzer sein, als letztere, entsprechend der geringeren Länge des von der Papille auf der nasalen Seite zur Ora serrata gezogenen Meridianes. Ein weiterer Unterschied ist der, dass die nasalen Gefäße radiär nach der Ora serrata zu verlaufen, während die temporalen Bogen beschreiben, deren Concavität der Macula lutea zugekehrt ist; sie geben nach beiden Seiten Zweige ab. Ausserdem ziehen von der Papille aus direkt lateralwärts zwei kleine Arterien und zwei kleine Venen in radiärer Richtung zur Macula lutea (A. u. V. macularis superior und inferior) (Fig. 58, am, vm). Auf der medialen Seite finden sich meistens ebenfalls zwei feine direkt von einem der auf der Papille auftauchenden Hauptäste ausgehende Arterien bzw. Venen (A. u. V. mediana superior und inferior) (Fig. 58, ame, vme). Die Macula lutea ist noch gefässhaltig, die Fovea centralis aber gefässlos (s. oben S. 112).

Die gröberen Aeste der Retinalgefäße liegen innerhalb der Nervenfaserschicht, meist dicht unter dem Margo limitans, zuweilen denselben hügelig hervortreibend. Wie bereits mehrfach erwähnt wurde, breiten sich die Gefäße nur in der Gehirnschicht der Netzhaut aus, das Neuroepithel frei lassend. (Ueber eine Ausnahme vergl. oben S. 109). Mit diesem Verhalten steht auch die Gefässlosigkeit der Fovea centralis im Einklang. Die Zweige der Netzhautarterien stehen nur durch Capillaren unter einander in Verbindung, sind also Endarterien. An der Ora serrata finden sich vereinzelt Anastomosen feiner Venen. Eigenthümlich ist die Anordnung der Capillaren. Man hat ein inneres grossmaschiges und ein äusseres Capillarnetz mit engeren Maschen zu unterscheiden (His, Hesse). Ersteres liegt in der Nervenfaserschicht, letzteres in der (inneren) Körnerschicht. Das innere Capillarnetz geht direkt aus den Verzweigungen der Arterien hervor, entsendet aber zugleich zahlreiche Capillarschlingen senkrecht nach aussen, welche innerhalb der Körnerschicht zu dem erwähnten äusseren Capillarnetz sich verbinden. Es erscheint also das äussere Capillarnetz als ein Anhängsel des inneren; aus letzterem entwickeln sich die Venen. — Die Arterien der Netzhaut sind von etwas feinerem Kaliber, als die entsprechenden Venen. Sämmtliche Venen und Capillaren sind von adventitiellen Scheiden umgeben von demselben Bau, wie die des Gehirns und Rückenmarks (s. Neurologie S. 724). Zwischen Gefässwand und adventitieller Scheide befindet sich ein perivascularer Lymphraum (s. unten).

Nur bei den Säugethieren finden sich Gefäße in der Netzhautsubstanz; in allen übrigen Wirbelthierklassen werden sie vermisst. Eine Ausnahme machen einige Chelonier (W. Müller) und der Aal (Kühne, Denissenko) s. oben. Nach H. Virchow gehen dieselben beim Aal von den Gefässen der Hyaloidea aus. Bei Fischen und Amphibien bieten derartige Gefäße in der Hyaloidea meist einen Ersatz für die mangelnden Netzhautgefäße. Sie fehlen unter den Fischen den Selachiern, Stören und Teleostiern (H. Virchow). Unter den Säugethieren sind einige durch sehr geringe Ausdehnung der Netzhautgefäße über die Papille hinaus ausgezeichnet. So besitzt die Retina des Kaninchens und Hasen Gefäße nur soweit die beiden

weissen myelinhaltigen Stellen reichen, das Pferd nur innerhalb eines 3 bis 6 mm breiten die Papille umgebenden Saumes; beim Meerschweinchen finden sich sogar nur einzelne kleine Schlingen in der Gegend der Papille. Beim Pferd, Kaninchen und Meerschweinchen liegen die Gefässe nur in der Nervenfaserschicht; bei den übrigen Säugethieren gelangen sie bis in das innere oder äussere Gebiet der Körnerschicht. Ein Circulus venosus retinae anterior, der als ein venöser Anastomosenkranz an der Ora serrata bei den Säugethieren mit vollständig gefässhaltiger Netzhaut beschrieben wird, existirt nicht; er wird vorgetäuscht durch bogenförmigen Verlauf der Venen längs der Ora serrata; Anastomosen bilden diese Venen dabei nicht (Langenbacher, Bruns).

II. Lymphbahnen.

1) Die Spalträume zwischen den Scheiden des Sehnerven communiciren mit den gleichnamigen Spalträumen des Gehirns. Sie sind sowohl vom Subduralraume als von den Subarachnoidalräumen aus leicht zu injiciren, aber, wie es scheint, nie getrennt (vergl. Neurologie S. 785). Durch ein feines in der Dural-scheide des Sehnerven gelegenes Saftbahnsystem (Michel) steht überdies der Subduralraum des Opticus mit einem auf der äusseren Oberfläche der Tunica fibrosa optici befindlichen Raume, der den Namen Supravaginalraum erhalten hat, in Verbindung. Beim Menschen, wo das Saftbahnsystem der Dural-scheide fein ist, die unter die letztere gespritzte Injectionsmasse also weniger leicht durch die betreffende Scheide hindurchgeht, gelangt (Michel) die injicirte Flüssigkeit von den Scheidenräumen des Sehnerven aus nicht selten sogar in den hinteren Abschnitt des Spaltensystems, das sich zwischen Sclera und Chorioides befindet und als Perichorioidalraum bezeichnet wird.

2) Im Sehnerven füllt sich bei Einstichsinjection unter die Pialscheide a) ein Lymphspaltennetz in der Pialscheide und den von ihr ausgehenden bindegewebigen Septen, b) ein Lückensystem, welches stets die Oberfläche der Sehnervenbündel von den bindegewebigen Septen trennt. In der Lamina cribrosa ist dies letztere perineurale Lückensystem besonders dicht und weit.

3) Durch Injection unter die Pialscheide erhält man ferner in der Netzhaut a) perivasculäre Kanäle um die Capillaren und Venen leicht gefüllt (Schwalbe), die von His zuerst beschriebenen perivasculären Kanäle der Netzhaut; b) man erhält eine strahlige Figur, welche sich aus feinen von der Papille ausgehenden radiären Streifen von Injectionsmasse zusammensetzt, die den Zwischenräumen zwischen den Nervenfaserbündeln dieser Gegend entsprechen; c) von dem häufigen Vordringen der Injectionsmasse zwischen Margo limitans und Hyaloidea, sowie andererseits zwischen Pigmentepithel und Stäbchen war schon oben (S. 96 und 111) die Rede.

Durch Imprägnation der Retina mit Oel und Ueberosmiumsäure-Färbung vermochte Altmann in der Nervenfaserschicht durch quere Brücken verbundene radiäre Spalten darzustellen, die er den oben beschriebenen durch Injection gefüllten radiären Spalten zwischen den Sehnervenfaserbündeln an die Seite stellt und für Lymphcapillaren der Netzhaut erklärt. Ausserdem fand er aber noch „krause Netze“, von denen ein gröberes ebenfalls der Nervenfaserschicht angehöre, das andere feinere dagegen seine Lage habe in der äusseren reticulären Schicht.

B) Linse (Krystall-Linse, Lens crystallina).

Die Linse (Fig. 59, 12) liegt zwischen Iris und Glaskörper. Ihre vordere Fläche füllt central die Pupillaröffnung aus, während sie mit ihren peripheren Theilen sich mehr oder weniger weit der hinteren Fläche der Iris anschmiegt, in ihrem Randtheile aber sich von der Iris entfernt und dadurch mit letzterer und dem Ciliarkörper die hintere Augenkammer (Fig. 59, 15) begrenzt. Die hintere Fläche der Linse ruht in einer Aushöhlung der vorderen Fläche des Glaskörpers (Fossa patellaris). Der Linsenrand endlich steht durch die Zonula ciliaris (Fig. 59, 16) mit dem Ciliarkörper in Verbindung.

Fig. 59.

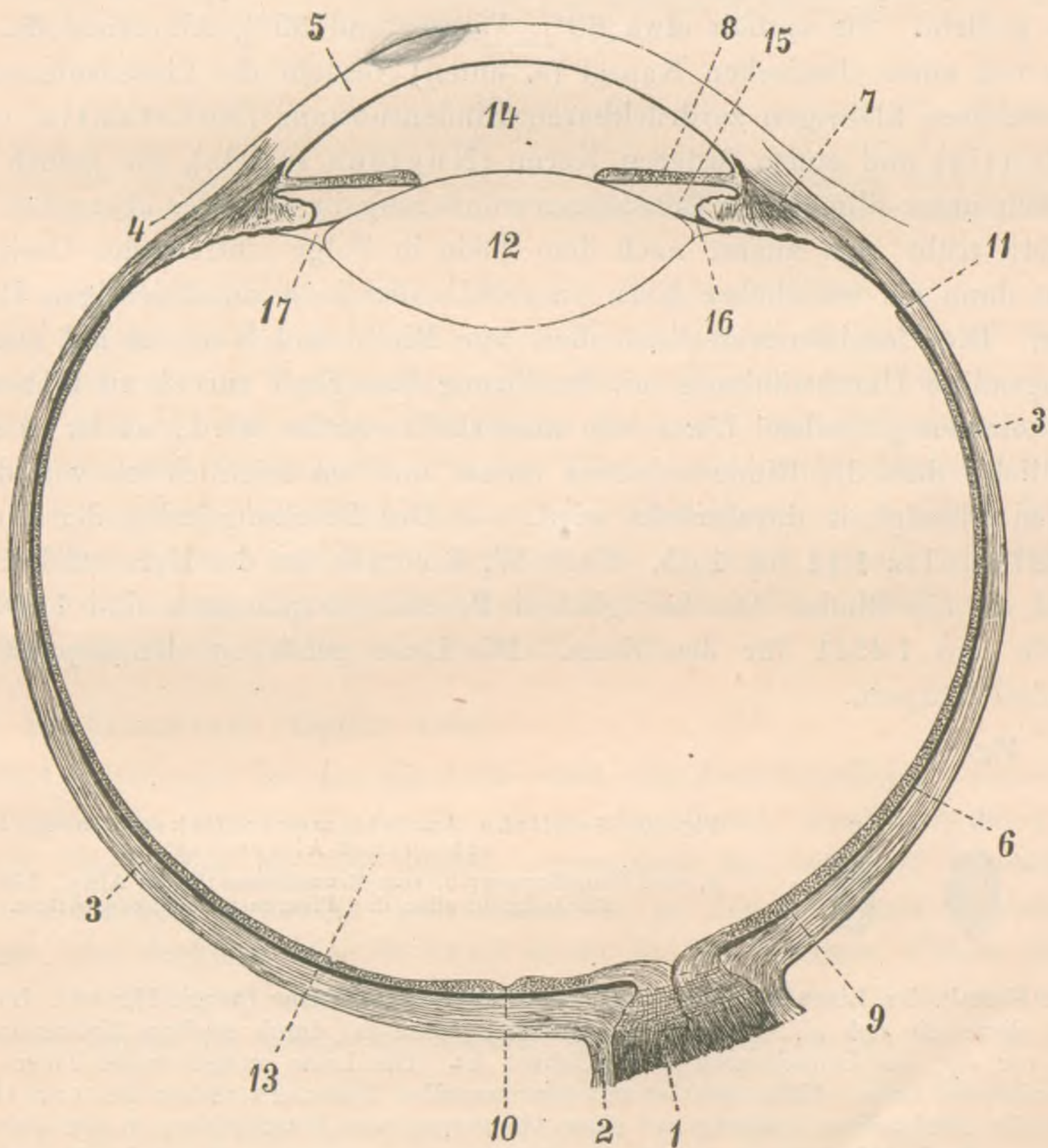


Fig. 59. Horizontalschnitt durch den Augapfel. Mit geringen Modificationen nach Merkel.

1, N. opticus; 2, dessen Duralscheide, in die Sclera übergehend; 3, Sclerotica; 4, Conjunctiva sclerae; 5, Cornea; 6, Chorioides; 7, Ciliarkörper mit den nach innen vorragenden, der Zonula (16) aufliegenden Ciliarfortsätzen; 8, Iris; 9, Retina; 10, deren Fovea centralis; 11, Ora serrata retinae; 12, Linse; 13, Glaskörper; 14, vordere Augenkammer; 15, hintere Augenkammer; 16, Zonula ciliaris; 17) Petit'scher Kanal.

Die Gestalt der Krystalllinse des menschlichen Auges ist die einer biconvexen Linse von kreisförmigem Umriss. Ihre Axe (sagittaler Durchmesser) misst etwa 4 mm. Ihr transversaler Durchmesser beträgt 9—10 mm, die Länge eines Meridians 12 mm. Die vordere Fläche der Linse ist schwächer gekrümmt

als die hintere. Der Krümmungsradius der ersteren beträgt nach Helmholtz beim Fernsehn 10,0 (8,3 mm nach Knapp), der der hinteren Fläche 6,0 mm. Bei der Accommodation für die Nähe verdickt sich die Linse unter Krümmungszunahme besonders der vorderen Fläche. Der Krümmungsradius der vorderen Fläche beträgt in diesem Zustande 6,0, der der hinteren 5,5 mm. Beide Flächen gehen im abgerundeten äquatorialen Linsenrande (Aequator) in einander über. Entsprechend der schwächeren Krümmung der vorderen Fläche muss die durch den Linsenrand gelegte Aequatorialebene näher dem vorderen Pole liegen. Uebrigens sind die beiden Linsenflächen nicht genau sphärisch gekrümmt, vielmehr nähert sich die Krümmung der vorderen Fläche am meisten der einer Ellipse, die der hinteren einer parabolischen (Brücke).

Die Substanz der Linse erscheint im lebenden Auge vollkommen durchsichtig, wasserklar, bei jugendlichen Individuen farblos, im späteren Leben leicht gelblich gefärbt. Sie enthält etwa 60% Wasser und 35% Albuminstoffe. Abgesehen von einer elastischen Kapsel (s. unten) besteht die Linsensubstanz aus einer weicheren klebrigen zerdrückbaren Rindensubstanz (*Substantia corticalis lentis*) und einem festeren Kerne (*Nucleus lentis*), die jedoch beide unmerklich unter allmählicher Consistenzveränderung in einander übergehen. Der Linsenkern trübt sich zuerst nach dem Tode in Folge eintretender Gerinnung, erscheint dann als weisslicher Kern innerhalb der noch durchsichtigen Rindensubstanz. Die Consistenzverschiedenheit von Rinde und Kern ist auf eine verschiedengradige Durchtränkung mit Ernährungsflüssigkeit zurück zu führen. Da die vollkommen gefässlose Linse von ausserhalb ernährt wird, so ist es selbstverständlich, dass die Rindensubstanz zuerst und am reichlichsten von der ernährenden Flüssigkeit durchtränkt wird. — Der Brechungsindex der Linse ist nach Helmholtz 1,44 bis 1,45. Nach W. Krause ist der Kern stärker lichtbrechend als die Rinde. Die bezüglichen Brechungsexponenten sind 1,4053 für die Rinde und 1,4541 für den Kern. Die Linse gehört zu den doppelt lichtbrechenden Körpern.

Fig. 60.



Fig. 60. Seitliche Ansicht menschlicher Linsen in verschiedenen Altersstadien.

a, vom Neugeborenen; b, vom Erwachsenen; c, im Alter. Die vordere Fläche ist in allen drei Figuren nach links gerichtet.

Die Gestalt der Linse ist nicht in allen Lebensaltern dieselbe (vergl. Fig. 60). Im hohen Alter (c) plattet sie sich ab, während die kindliche Linse (a) durch stärkere Krümmung ihrer Flächen vor der des Erwachsenen ausgezeichnet ist. Die Linse neugeborener Thiere (Kalb, Ziege, Kaninchen, Katze; Hühnchen) ist mit einer centralen Trübung versehen (Ritter, Henle). Nach Henle beruht diese Trübung auf einer Ablagerung von Fetttröpfchen in den Fasern des Linsenkerns. Nach Michel ist jedoch die Trübung im lebenden Thiere nicht vorhanden; auch an den herausgeschnittenen Linsen schwindet sie beim Erwärmen, kehrt beim Erkalten wieder. Durch Gefrierenlassen kann man eine solche Trübung an jeder frischen Linse erzeugen. Beim Erwärmen wird die Linse wieder durchsichtig.

Histologisch besteht die Linse aus drei verschiedenen Bestandtheilen (Fig. 61): 1) aus der Linsenkapsel (1), 2) aus dem Epithel der Linse (2) und 3) aus den Linsenfasern (4), welche letzteren den bei weitem grössten Theil der Linse bilden. Das Epithel findet sich nur unter dem der vorderen Fläche der Linse angehörigen Theile der Kapsel, hinten wird es durch die Linsenfasern ersetzt, die,

wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, als lang ausgewachsene Epithelzellen zu betrachten sind. Oben (S. 80) wurde bereits erwähnt, dass sich die Linse in Form eines mit epithelialen Wandungen versehenen Säckchens von dem Epithel des äusseren Keimblatts abschnürt (vergl. Fig. 34, 36 und 37). Der Hohlraum des Säckchens (c in Fig. 36 und 37) wird bald dadurch verengert, dass die Epithelzellen der hinteren Wand (b) zu langen Cylinderzellen, den Anlagen der

Fig. 61.

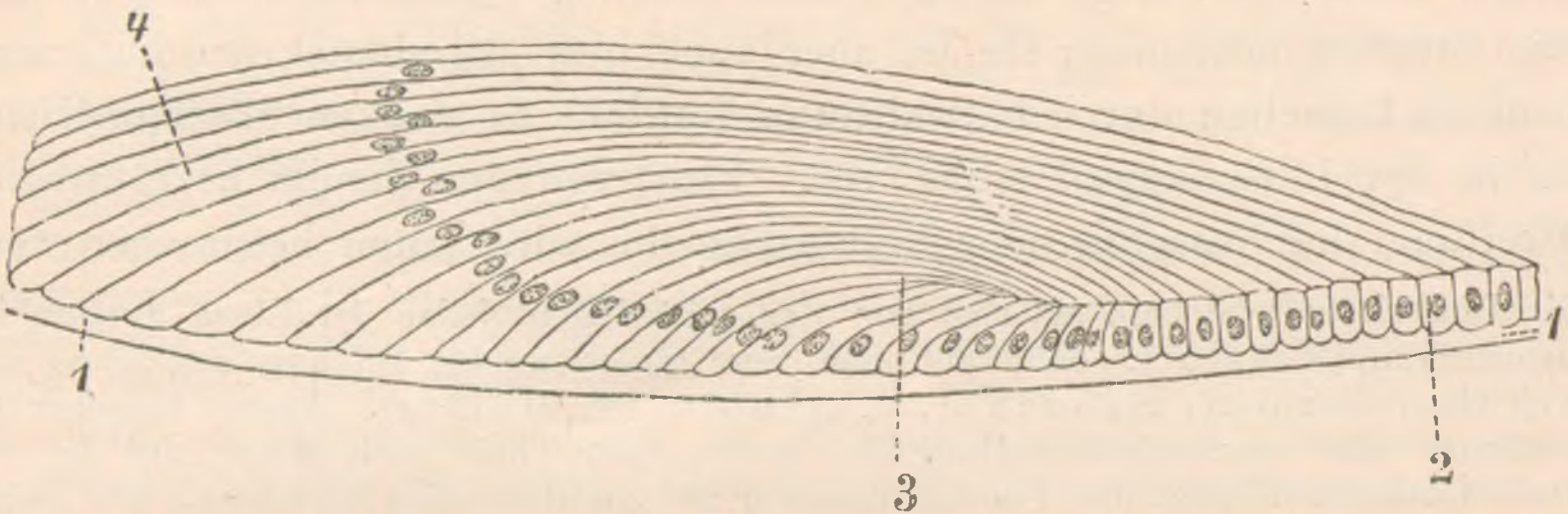


Fig. 61. Meridionalschnitt durch den Linsenrand. Vom Kaninchen. Nach Babuchin.

1, Linsenkapsel; 2, Epithel der Linse, bei 3 allmählig in die Linsenfasern (4) übergehend.

Linsenfasern, auswachsen, die nun über die Äquatorialebene hinaus nach vorn wuchern, schliesslich die flach bleibenden Epithelzellen der vorderen Wand (a) berühren und so den Spaltraum zum Verschwinden bringen. So wird es verständlich, dass nur die vordere Wand der Linse ein flaches Epithel besitzt, da ja das Epithel der hinteren Wand unter Verengerung und schliesslicher Obliteration des ursprünglichen Hohlraums zu den Linsenfasern auswächst. Was endlich die Linsenkapsel betrifft, so entsteht sie secundär, theils in Folge einer Cuticularausscheidung der die Linse bildenden Zellen, theils wohl auch aus dem die Linse umhüllenden embryonalen Bindegewebe.

1) Die Linsenkapsel (*Capsula lentis*).

Die Linsenkapsel ist eine glashelle stark elastische Membran, welche Epithel und Linsenfasern vollständig nach aussen abschliesst, am Rande und an der vorderen Fläche fest mit der Zonula verwachsen ist, während ihr hinten die Glaskörpersubstanz anhaftet. Ihre Dicke ist in den einzelnen Bezirken verschieden. Am stärksten (11 bis 15 μ) ist sie an der vorderen Fläche der Linse als vordere Kapsel und zwar besonders in den mittleren Theilen derselben. Nach dem Rande hin nimmt sie bereits ab und verdünnt sich an der hinteren Fläche der Linse als hintere Kapsel bis auf 5—7 μ , das Minimum ihrer Dicke am hinteren Pole erreichend. Vordere und hintere Kapsel sind selbstverständlich vollständig continuirlich. Die Linsenkapsel ist ausserordentlich elastisch. Herausgeschnittene Stücke derselben rollen sich nach aussen um. In ihrem chemischen Aufbau unterscheidet sie sich aber sowohl von der elastischen als von der leimgebenden Substanz des Bindegewebes, von ersterer durch die geringe Resistenz gegen concentrirte Säuren und die Löslichkeit bei mehrstündigem Kochen in Wasser (Strahl), von den leimgebenden Substanzen dadurch, dass jene Lösung beim Erkalten nicht gelatinirt, ferner durch ihre Löslichkeit in Trypsin. Sie ist in ihrem chemischen Aufbau dem Sarcolemm und den Mem-

branae propriae der Drüsen am nächsten verwandt (Chittenden). Bei starker Vergrößerung erscheinen Durchschnitte durch die Linsenkapsel fein parallel der Oberfläche gestreift (Valentin). Berger gelang es, durch Anwendung einer Maceration in Lösungen von übermangansaurem Kali die Linsenkapsel entsprechend diesen parallelen Linien zu zerklüften. Besonders leicht lässt sich sowohl von der vorderen als hinteren Linsenkapsel eine äussere Lamelle ablösen, welche allein von allen mit der Zonula in Verbindung steht (Zonula-Lamelle). Schwieriger lässt der übrige dickere, nach innen gelegene Theil der Kapsel eine lamelläre Structur erkennen; sie ist aber auch hier angedeutet und hat man sich die einzelnen Lamellen durch Kittsubstanz verklebt zu denken. Zellige Elemente kommen in der Linsenkapsel nicht vor. Eine von der Zonula herrührende radiäre Streifung der äusseren oder Zonula-Lamelle wird unten besprochen werden.

Die Linsenkapsel ist bald als eine von den epithelialen Zellen der Linse ausgeschiedene Cuticularmembran (Kessler), bald als eine rein bindegewebige Bildung angesehen worden (Lieberkühn, Sernoff, Babuchin, J. Arnold, W. Müller). Andere Forscher (Köl liker) nehmen eine vermittelnde Stellung ein, deuten einen Theil (nach Manz nur die vordere Kapsel) als Cuticularbildung, das Uebrige dagegen als bindegewebige Membran. Die Anhänger der rein bindegewebigen Abkunft der Linsenkapsel berufen sich auf die Lamellirung, auf die chemischen Eigenschaften, vor Allem aber auf die Entwicklungsgeschichte. Bei Säugethieren und beim Menschen wird nämlich die Linse von einer gefässhaltigen Membran (gefässhaltige Linsenkapsel) (Fig. 62) umgeben, deren Substanz mit der des Glaskörpers continuirlich ist. Die Gefässe dieser Kapsel stammen für die hintere Fläche der Linse aus einer Arterie, welche im embryonalen Leben die A. centralis retinae von der Opticus-Papille zur hinteren Fläche der Linse durch den Glaskörper hindurch fortsetzt (A. capsularis s. hyaloidea). In der Nähe der hinteren Linsenfläche, und zwar etwas excentrisch nach unten, theilt sich die A. hyaloidea rasch hinter einander in zahlreiche kleine längs der hinteren Fläche der Linse radiär zum Linsenrande ziehende Gefässe, welche mit der zwischen ihnen befindlichen Glaskörpersubstanz den Namen Membrana capsularis erhalten haben. Am Linsenrande biegen sie auf die vordere Fläche um und verlaufen hier wiederum radiär nach dem Mittelpunkt der vorderen Fläche, werden aber, ehe sie diesen erreichen, vom Pupillarrande der Iris aus durch neue radiäre Gefässe verstärkt. Diese letzteren lassen zum Theil den Charakter von Venen erkennen

Fig. 62.

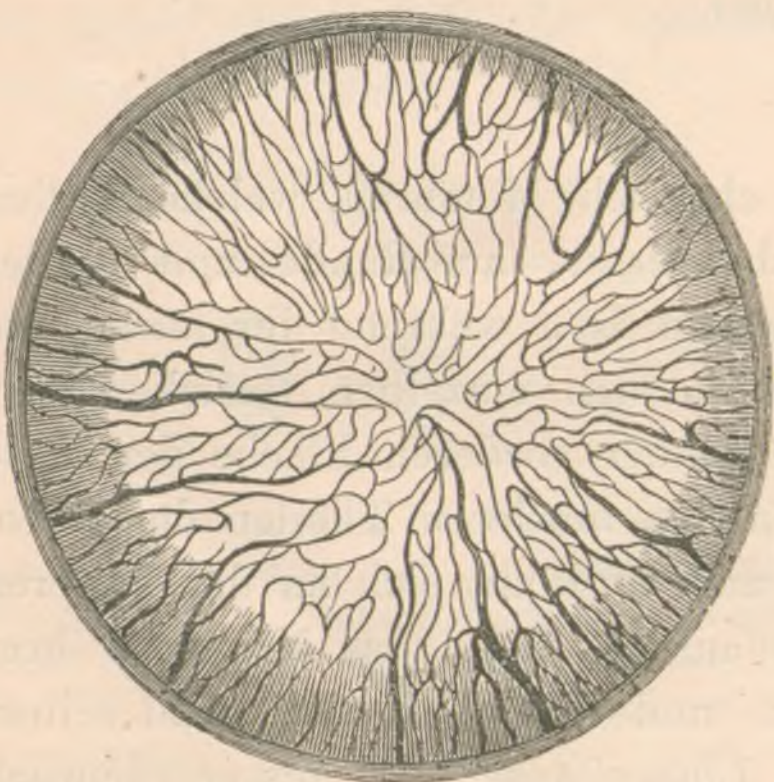


Fig. 63.

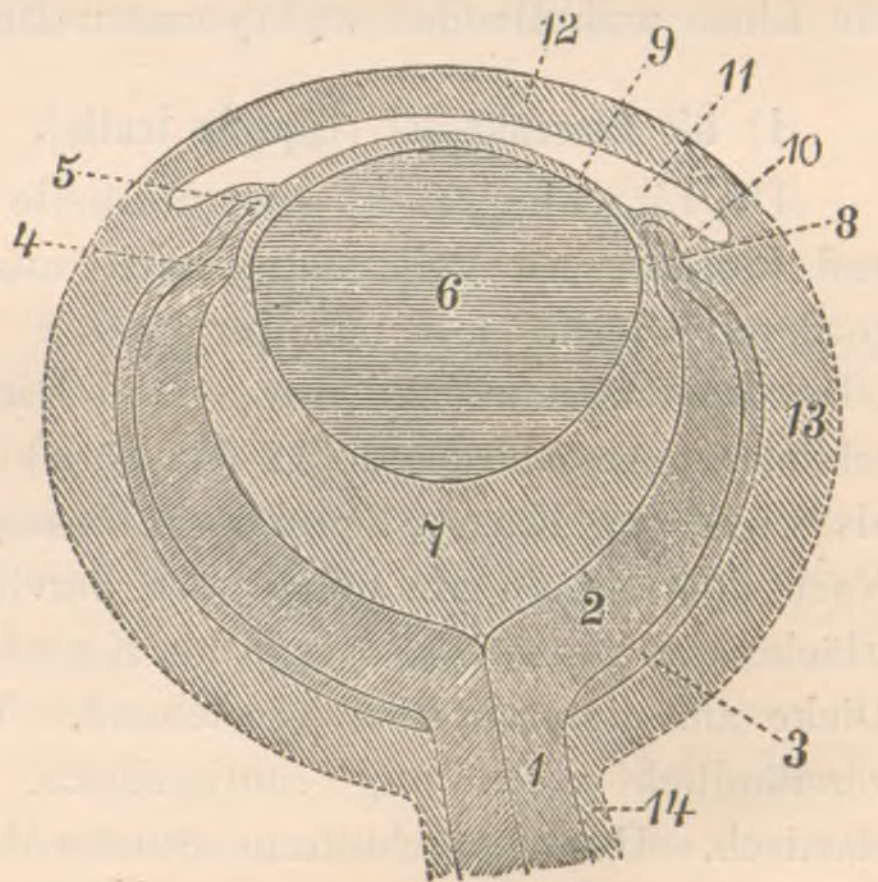


Fig. 62. Blutgefässe der Membrana pupillaris an der vorderen Fläche der Linse einer neugeborenen Katze. Nach Köl liker.

Fig. 63. Schematischer horizontaler Meridionalschnitt durch ein embryonales Auge. Die Theile des Sehbeckers sind dunkel schraffirt, die äusseren und inneren Hüllen desselben hell. 1—5, Ophthalmencephalon; 1, Sehnerv; 2, Retina; 3, Epithel derselben; 4, Anlage der Pars ciliaris retinae; 5, Anlage der Pars iridica retinae. — 6, Linse. — 7, 8, innere Hüllen des Sehbeckers; 7, Glaskörper; 8, Membrana capsulo-pupillaris; 9—14, äussere Hüllen des Sehbeckers; 9, Membrana pupillaris; 10, Anlage der Iris, mit der Membrana pupillaris continuirlich; 11, vordere Augenkammer; 12, Cornea; 13, Anlage von Sclera und Chorioides; 14, Anlage der Hüllen des Sehnerven.

und dienen nebst kleinen die A. capsularis bis zur hinteren Fläche der Linse begleitenden in die V. centralis retinae mündenden Venen (Ricchiardi) dem Abfluss des durch die A. capsularis der gefäßhaltigen Linsenkapsel zugeführten Blutes. Dieser venenhaltige die Pupillaröffnung verschliessende Abschnitt der gefäßhaltigen Kapsel heisst Membrana pupillaris (Fig. 63, 9), der dieselbe mit der Membrana capsularis verbindende, in der That aber letzterer angehörige Theil bis zum Linsenrande Membrana capsulo-pupillaris (Fig. 63, 8). Letztere und die M. capsularis sind eine einheitliche Bildung. — Die gefäßhaltige Kapsel der Linse dient der Ernährung ihrer Substanz und bedingt das rasche Wachsthum derselben während des embryonalen Lebens. Beim Neugeborenen ist sie normaler Weise vollständig verschwunden; bei verschiedenen Säugethieren dagegen erhält sie sich noch mehr oder weniger lange Zeit nach der Geburt.

Es stellt also die gefäßhaltige Linsenkapsel eine mit dem Glaskörpergewebe und dem Bindegewebe der Iris continuirliche Bindegewebshülle der Linse dar (vergl. Fig. 63). Aus dieser Bindegewebshülle soll nun nach der Ansicht der oben genannten Forscher die Linsenkapsel der entwickelten Linse hervorgehen. Thatsache ist aber, dass eine dünne Linsenkapsel schon vorhanden ist, ehe die vordere Fläche der Linse eine bindegewebige Hülle erhalten hat (Kessler, Kölliker). Diese Linsenkapsel kann nur als Cuticularbildung aufgefasst werden. Sehr unwahrscheinlich ist es aber, dass die hintere Linsenkapsel, welche sich abgesehen von der Dicke ganz so verhält, wie die vordere, eine wesentlich andere Abkunft besitze. Eine Grenzlinie zwischen beiden Theilen der Linsenkapsel müsste doch mindestens nachgewiesen werden; davon ist aber nichts zu sehen. Es wird also die hintere Linsenkapsel in derselben Weise abzuleiten sein, wie die vordere. Dass diese zum Theil wenigstens Cuticularbildung ist, wird durch das frühe Auftreten vor der bindegewebigen Hülle bewiesen. Damit soll nicht geleugnet werden, dass sie zum Theil bindegewebiger Abkunft ist. Ich glaube, dass sich ihr fester Zusammenhang mit der Zonula, ferner die Isolirbarkeit einer Zonulalamelle ungezwungen so deuten lassen, dass man ihre inneren Schichten für Cuticularbildungen erklärt, ihre äussere Zonulalamelle aber von der gefäßhaltigen Kapsel des embryonalen Lebens ableitet. In der Ableitung der Linsenkapsel als Cuticularbildung dürfte auch die auffallende Dicken-Verschiedenheit der vorderen und hinteren Kapsel ihre Erklärung finden. Die vordere Kapsel wird durch Thätigkeit der unverändert unter ihr liegenden Zellen fortwährend verstärkt werden, während die epithelialen Zellen der hinteren Wand des ursprünglichen Linsensäckchens schon sehr früh eine ganz andere Thätigkeit entfalten, nämlich zu Linsenfasern auswachsen; sie können also nunmehr nicht in dem Masse oder gar nicht mehr Material zur Verstärkung ihrer Cuticularmembran abgeben.

Durch Behandlung der hinteren Kapsel der Linse mit Arg. nitricum gelingt es auf der Aussenseite derselben eine epithelähnliche Zeichnung zu erhalten (Ewart), in der aber nie Kerne wahrzunehmen sind (Ulrich, Deutschmann). Diese supracapsuläre Silberzeichnung fehlt auf der vorderen Linsenkapsel und rührt vom Anhaften von Glaskörpersubstanz her, da sie nach Befreiung der Kapsel von letzterer nicht mehr nachzuweisen ist (Deutschmann).

2) Das Epithel der Linse (Epithel der vorderen Kapsel).

Das Epithel der Linse ist ein einschichtiges Pflasterepithel. Seine Zellen sind bei Kindern so hoch wie breit ($10\ \mu$ in beiden Dimensionen), bei Erwachsenen dagegen stark abgeplattet und entsprechen bei Flächenansicht sechseitigen Figuren von $19\text{--}21\ \mu$ Durchmesser. Ihr Zellkörper ist körnig, nicht selten von Vacuolen durchsetzt; der kuglige Kern enthält ein bis zwei Kernkörperchen. Die Abgrenzung der Epithelzellen ist im frischen Zustande schwierig. Nach Isolation erkennt man, dass die Conturen der Zellen nicht immer glatt sind, sondern kürzere oder längere, getheilte oder ungetheilte Fortsätze entsenden (Hosch). Dieselben entsprechen, wie es mir schien, der äusseren Fläche der Zellen, liegen also dicht unter der Kapsel in einer sehr dünnen subcapsulären Eiweissschicht, in welcher Deutschmann nach Behandlung frischer Linsen mit Argentum nitricum endothelähnliche Zeichnungen auftreten sah, die aber nie Kerne enthielten. Diese Eiweissschicht ist auch zwischen Linsenfasern und Kapsel, also unter dem hinteren Theile der Kapsel als minimale Lage vorhanden und giebt hier nach Anwendung der Silbermethode ähnliche schwarze Liniennetze, wie unterhalb der vorderen Kapsel. Dieselben sowie analoge ohne Versilberung auftretende netzförmige Zeichnungen dürfen aber nicht etwa auf

Grenzlinien von Linsenfaser-Ansätzen zurückgeführt werden. Denn, wie aus der Beschreibung des Linsenfaserverlaufes hervorgehen wird, existiren derartige Ansätze in der entwickelten Linse nicht.

Nach dem Rande der Linse zu nimmt die Granulirung der Epithelzellen zu. Meridionalschnitte lehren, dass zu gleicher Zeit die Zellen schmaler und höher werden (Fig. 61, 2) und allmählig unter fortschreitender Längenzunahme in Linsenfasern übergehen (bei 3 in Fig. 61), die anfangs ihre Concavität nach aussen wenden (Fig. 61, 4), nach und nach aber sich strecken und schliesslich nach aussen convexe Bögen bilden (s. unten). Es entsteht dadurch auf Meridionalschnitten eine Wirbel-Figur, der Randwirbel der Linse (Linsenwirbel *) von O. Becker und Anderen). Die Verlängerung der Epithelzellen innerhalb des Randwirbels kommt zunächst dadurch zu Stande, dass das zwischen Kern und Kapsel befindliche Stück an Länge zunimmt; die Kerne entfernen sich in demselben Masse rasch von der Kapsel und bilden nunmehr eine etwa im Aequator der Linse gelegene Zone mit hinterer Convexität, die aber sehr bald nach innen in eine Zone mit vorderer Convexität übergeht. Der gesammte von den Kernen der jungen und ausgebildeten Linsenfasern auf Meridionalschnitten eingenommene S förmig gebogene Streifen ist die Meyer'sche Kernzone der Linse, der Kernbogen O. Becker's. Da die centralen Linsenfasern der Kerne entbehren, so reicht der Kernbogen nicht bis zur Axe der Linse. — Je älter das betreffende Individuum, desto geringer entwickelt ist Randwirbel und Kernbogen.

Zwischen der hinteren Fläche des Epithels und der vorderen Fläche der Linsenfasermasse, also an der Stelle des ursprünglichen Hohlraums des embryonalen Linsenbläschens, findet sich in der frischen Linse eine dünne subepitheliale Eiweisschicht, welche Epithel und Linsenfasern verlöthet, nach Behandlung mit Argentum nitricum ebenfalls polygonale von schwarzen Linien umsäumte Felder entstehen lässt. Aus der Anwesenheit dieser Schicht wird das Austreten eines Tropfens Eiweisskugeln einschliessender Flüssigkeit (Humor oder Liquor Morgagnii) nach Anstechen der vorderen Kapsel erklärt. Durch Aufnahme von Wasser aus der Linsenfaser-Substanz kann die mit der subepithelialen Eiweisschicht erfüllte capillare Spalte bedeutend erweitert werden, so z. B. nach dem Gefrieren der Linse (Michel); es erscheint dann die Linsensubstanz innerhalb der Kapsel beweglich und unter letzterer eine grössere Menge Flüssigkeit. Auch durch Einlegen frischer Linsen in 20 prozentige Salpetersäure erzielt man eine Retraction der Linsenfaser-Substanz vom Epithel und somit Erweiterung der normaler Weise capillaren subepithelialen Spalte.

3) Die Linsenfasern.

Die Linsenfasern sind sechsseitige prismatische Bänder, deren Länge von den äusseren Schichten der Linse nach den inneren abnimmt. Während diese Länge in den centralsten Partieen nahezu der der Linsenaxe gleichkommt, stehen

*) Der Name Linsenwirbel wird für diese Anordnung besser vermieden, da er schon für ein anderes Texturverhältniss der Linse längst vergeben ist, nämlich für das wirbelförmige Ausstrahlen der zwischen zwei Radien der Nahtfigur (des Linsensterns) verlaufenden Linsenfasern (vergl. unten); diese Anordnung wird von Huschke, Arnold und Anderen als „Linsenwirbel“ bezeichnet und soll diesen Namen auch in meiner Beschreibung behalten. Leider erhielt ich erst nach Anfertigung der Fig. 61 Kenntniss von der Abhandlung O. Becker's, sodass ich dessen schöne Figur des Randwirbels der menschlichen Linse nicht mehr benutzen konnte.

die Fasern der peripheren Lage hinter der Länge eines von Pol zu Pol gezogenen Meridianes (von 12 mm Länge) um etwa $\frac{1}{3}$ desselben zurück; es entspricht dies einer Länge von 8 mm. Von der sechsseitig prismatischen Gestalt der Linsenfasern überzeugt man sich leicht an Querschnitten, die am besten der Aequatorialebene entnommen werden. Man erkennt dann (Fig. 64, B), dass die Linsenfasern abgeplattet sind, der Art, dass ihre beiden breiten Seiten sich nach aussen und innen wenden, ihre schmalen Seiten dagegen sich paarweise zu spitzen Winkeln zuschärfen, die in der Richtung von concentrischen das Centrum der Linse umkreisenden Kreislinien oder genauer einer Spirallinie gelegen sind. Die Winkel, welche die breiten Seiten mit den schmalen Seiten bilden, sind stumpf. Breite und Dicke der Linsenfasern ist in den einzelnen Lagen der Linsensubstanz nicht die gleiche. Es nimmt vielmehr sowohl die Breite als Dicke von den peripheren Schichten nach dem Centrum der Linse zu allmählig ab. Während die peripheren Linsenfasern 10 bis 12 μ Breite und 4,5—5,5 μ Dicke besitzen, sind die entsprechenden Masse für die centralen Fasern 7 bis 8 μ Breite, 2,5 μ Dicke.

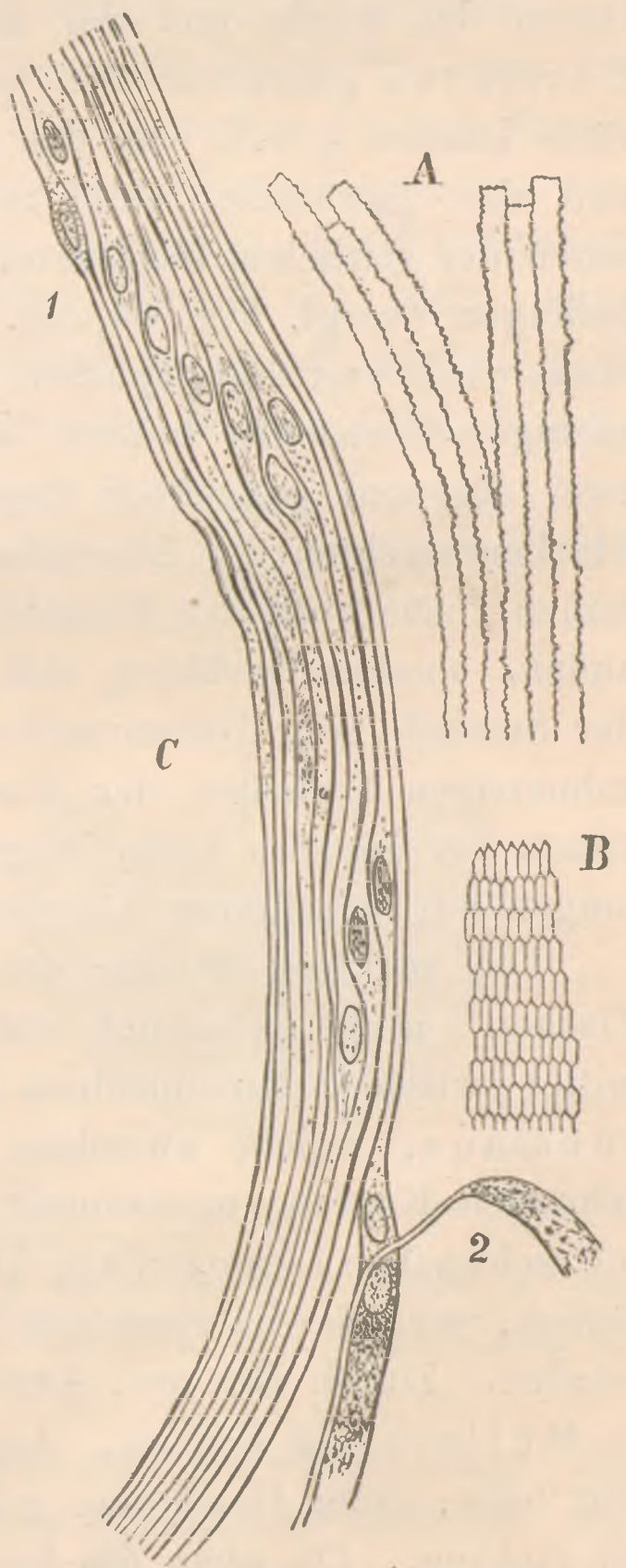
Fig. 64.

Fig. 64. Linsenfasern. ³⁵⁰/₁

A. Linsenfasern des Ochsen mit zackigen Rändern; nach Kölliker. B. Querschnitt der Linsenfasern des Menschen; nach Kölliker. C. Fasern aus der Aequatorialgegend der menschlichen Linse; nach Henle. Die Mehrzahl der Fasern in Kantenansicht; nur bei 2 und in A Flächenansicht; bei 1 Kerne der Linsenfasern.

Aus den angeführten Massen folgt, dass isolirte Linsenfasern ein sehr verschiedenes Aussehen zeigen müssen, je nachdem sie von der breiten oder schmalen Seite aus betrachtet werden. In der Flächenansicht erscheinen sie als mehr oder weniger flache Bänder (Fig. 64, A; C, 2), in der Kantenansicht dagegen als schmale Fasern, die überdies an der Stelle, wo der Kern der Linsenfaser liegt, eine leichte Auftreibung erkennen lassen (Fig. 64, C, 1), während in der Breitenrichtung der Linsenfaser der Kern vollkommen Platz hat. Ein solcher Kern findet sich in allen Linsenfasern mit Ausnahme der centralen. Derselbe ist oval, granulirt, mit Kernkörperchen versehen und entspricht etwa der Mitte der Faserlänge.

Eine vom Inhalt chemisch differente Membran besitzen die eiweissreichen Linsenfasern nicht. Was als solche beschrieben wurde, ist eine dichter gefügte Rindenschicht, welche ganz allmählig in die weiche centrale Masse übergeht. Letztere tritt leicht auf Druck aus den Linsenfasern heraus und bildet Eiweisskugeln, während der Rest der Linsenfaser nun als röhriges Gebilde (sog. Linsenröhre) zurückbleibt. Man hat mehrfach an den Linsenfasern eine Querstreifung beschrieben; dieselbe kann sehr ver-



schiedene Ursachen haben, indem bald von den scharfen Kanten entspringende Fortsätze bei Kantenansicht, bald wellige Verbiegungen bei Flächenansicht eine quere Streifung zur Erscheinung bringen. In keinem Falle aber entspricht eine solche inneren Structur-Eigenthümlichkeiten, etwa alternirenden Schichten verschieden Licht brechender Substanzen, wie sie den quergestreiften Muskeln zukommen. Die Linsenfasern sind vielmehr in allen ihren Theilen doppelbrechend; von einer Contractilität ist an ihnen nichts beobachtet. Die Linsenfasern sind passive Gebilde, die sich in Folge ihrer weichen plastischen Substanz den beim Nahe- und Fernsehen eintretenden Formänderungen leicht anpassen. In Betreff des inneren Aufbaues besteht ein Unterschied zwischen peripheren und centralen Linsenfasern. Die peripheren sind wasserreicher, weicher, die centralen wasserärmer, fester. Diese grössere Consistenz der centralen Fasern, ferner ihre Kernlosigkeit und stärkere Abplattung liessen daran denken, dass man es hier im Centrum der Linse mit analogen Umwandlungsprocessen zu thun habe, wie auf der Oberfläche der Epidermis, also mit einer Verhornung. Keratin ist aber in keiner Weise innerhalb der Linse zu finden und deshalb die Auffassung dieser centralen Linsenfasern als verhornter Gebilde zurückzuweisen. — Die Linsenfasern des Kerns und der mittleren Schichten sind endlich noch durch ihre Fortsätze gegenüber den glatten peripheren Fasern ausgezeichnet. Die Fortsätze können sowohl von den scharfen, als von den stumpfen Kanten entspringen und sind gewöhnlich feine zugespitzte Zacken, welche somit ein zackiges Aussehen der seitlichen Begrenzungslinien der Fasern in Flächen- und Kantenansicht bedingen (vergl. Fig. 64, A). An den spitzen Kanten sind sie nicht selten etwas verbreitert, abgeplattet. Von den stumpfen Kanten können alle vier mit zackigen Fortsätzen besetzt sein; gewöhnlich aber finden letztere sich nur an zwei diagonal gegenüber liegenden stumpfen Kanten und erscheinen dann in Flächenansichten der Linsenfasern als zwei den Linsenrändern parallele Punktreihen. Die Fortsätze benachbarter Linsenfasern greifen nicht zahnartig in einander, sondern berühren sich nur an ihren Spitzen, ähnlich wie die Fortsätze der Stachel- oder Bürstenzellen der Epidermis. Nur bei den Fischen sind die zahnartigen Fortsätze der einen Faser in die Vertiefungen zwischen den Fortsätzen der anderen Faser eingesenkt; es sind hier sogar zuweilen die Zähnelungen mit secundären Zähnchen besetzt (Henle beim Stör).

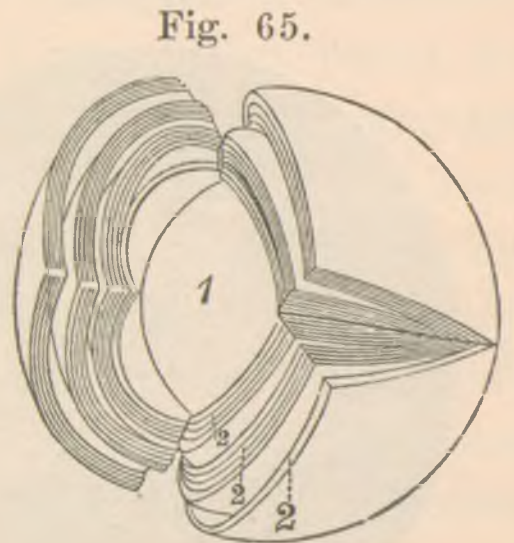
Die zackigen Ränder der Linsenfasern tragen also, abgesehen von den Fischen, nicht wesentlich zur Vereinigung der Linsenfasern bei. Das Bindemittel zwischen den einzelnen Fasern ist vielmehr eine im Leben weiche Kittsubstanz, welche zwischen den breiten Seiten spärlicher, als zwischen den schmalen Kanten angesammelt ist. Sie kann durch Behandlung frischer Linsen mit schwachen Lösungen von *Argentum nitricum* in Form brauner oder schwarzer Linien, welche die einzelnen Linsenfasern von einander abgrenzen, dargestellt werden. Durch Kochen, ferner durch Maceration in Säuren *), in Alkohol $\frac{1}{3}$, in Müller'scher Lösung, *Argentum nitricum* 1:800 wird die Kittsubstanz gelöst bzw. unter Gerinnung gelockert. Es gelingt dann leicht, die Linsenfasern zu isoliren. Da aber die Kittsubstanz zwischen den Flächen der Linsenfasern in geringerer Menge sich findet, als an den scharfen Kanten, letztere überdies

*) Salzsäure 1:200 bis 1:100 (Moriggia); Wittich's Gemisch von chlorsaurem Kali und Salpetersäure (Fubini); verdünnte Schwefelsäure (v. Becker); Salpetersäure 20 0/0.

sich fest zwischen die Kanten zweier Nachbarfasern einkeilen, so kommt es leichter zu einer Trennung der Linsenfasern entsprechend ihren breiten Flächen, während sie an ihren scharfen Kanten noch fest an einander haften können. Man erhält somit bei diesen Macerationen eine Zerlegung der Linse in concentrisch wie die Hüllen einer Zwiebel in einander geschachtelte Lamellen oder Blätter (Fig. 65, 2). Die Faserung des Linsenkerne leistet diesen Zerklüftungsversuchen einen hartnäckigeren Widerstand, als die peripheren Theile der Linse. Es dürfte also doch ein Einfluss der Zähnelung der Linsenfasern auf die Festigkeit der Verbindung nicht von der Hand zu weisen sein, ein Einfluss, der vielleicht auf die durch die Kerbung bedingte Vergrößerung der Haftflächen zurück zu führen ist.

Fig. 65. Aufblättern der Linse nach Behandlung mit verdünntem Alkohol. $\frac{4}{1}$. Nach Arnold.

1, festere centrale Theile der Linse (Nucleus lentis); 2, 2, Lamellen der sog. Corticalsubstanz.



Bei demselben Verfahren der Maceration, das soeben für die Isolirung der Linsenfasern beschrieben wurde, treten constant von den Polen der Linse aus Risse in derselben ein, welche im einfachsten Falle (bei den meisten Säugthieren, beim Foetus und Neugeborenen) eine dreistrahligte Figur, den sog. Linsenstern (Fig. 66, A und B, von c ausstrahlend), darstellen. Die drei Strahlen des Linsensterns (*radii lentis*) bilden mit einander Winkel von 120° . Beim Neugeborenen ist auf der vorderen Fläche der Linse ein Strahl vertikal nach oben gerichtet, die beiden anderen nach unten und seitlich (Fig. 66, B).

Fig. 66.

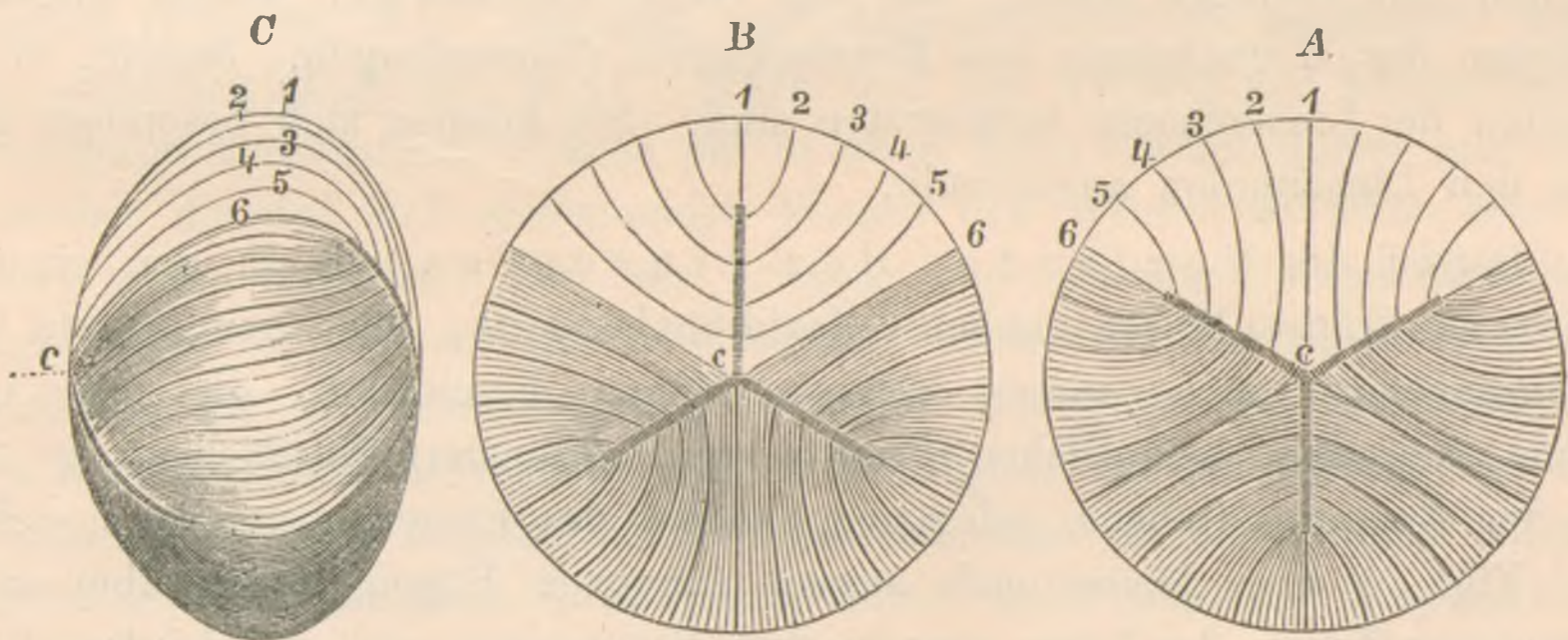


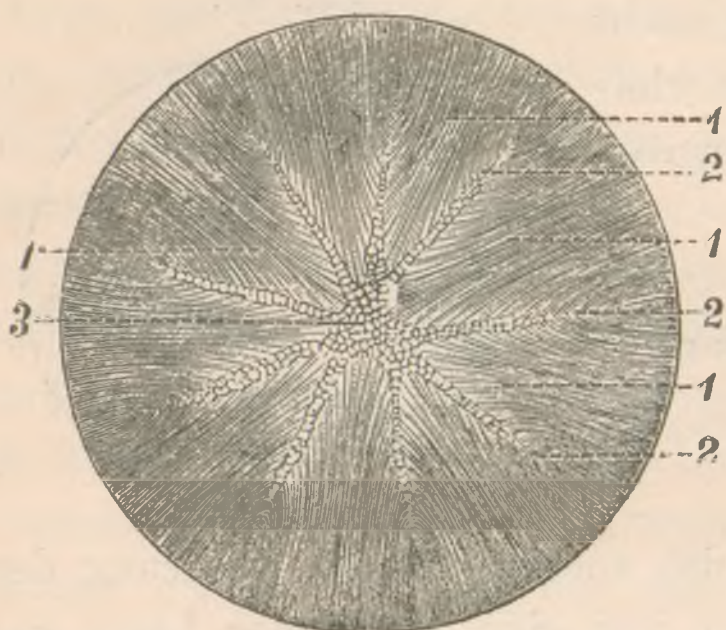
Fig. 66. Schematische Darstellung des Verlaufs der Linsenfasern und der Anordnung des Linsensterns beim Foetus und Neugeborenen. $\frac{7}{1}$.

A, Ansicht der hinteren Fläche; B, Ansicht der vorderen Fläche; C, seitliche Ansicht. c bedeutet in allen 3 Figuren das Centrum des Linsensterns, bezw. den vorderen und hinteren Pol der Linse. Die Zahlen 1 bis 6 bezeichnen 6 in gleichen Abständen dargestellte Linsenfasern, deren Verlauf aus den 3 Figuren deutlich zu ersehen ist.

Auf der hinteren Linsenfläche ist eine Verschiebung der Strahlenlage um 60° eingetreten. Hier finden wir einen nach unten gerichteten vertikalen und zwei obere seitliche Strahlen (Fig. 66, A). Innerhalb der Linsensubstanz müssen also die durch die Strahlen gelegten Ebenen allmählig eine Torsion erfahren, die an der hinteren Fläche mit einem Winkelwerthe von 60° ihr Maximum erreicht hat. Bei Erwachsenen ist im Inneren der Linse der dreistrahligte Stern

des Kindes noch zu erkennen; in den äusseren Schichten aber sind neue Sternstrahlen aufgetreten, welche den Linsenstern zu einem sechs- oder mehrstrahligen gestalten (Fig. 67). Auch hier correspondirt die vordere und hintere Linsensternfigur nicht vollständig, indem meist die Hauptstrahlen der einen Linsenfläche der Mitte der Zwischenräume auf der anderen Fläche entsprechen. Manchmal fehlt aber überhaupt jede Regelmässigkeit in der Anordnung.

Fig. 67.

Fig. 67. Sternfigur an der vorderen Fläche der Linse eines Erwachsenen. Nach Arnold. ^{6/1}.

1, 1, meridional verlaufende Linsenfasern, zwischen den Sternstrahlen die Linsenwirbel bildend; 2, 2, Sternstrahlen bzw. Linsenfaser-Nähte; 3, Centrum der Strahlenfigur, mit sog. Sternsubstanz erfüllt.

Die Entstehung des Linsensternes ist, wie die Zerklüftung der Linse in Lamellen und Fasern, auf Zerstörung von Kittsubstanz zurückzuführen, deren Anordnung im frischen Zustande der Lage der bei Maceration auftretenden Spalten entspricht. Sie bildet also auf der vorderen und hinteren Fläche der

Linse eine im einfachsten Falle dreistrahlige, beim Erwachsenen complicirtere Nahtfigur (Linsennähte), in welcher die Enden der oberflächlich gelegenen Linsenfasern zusammentreffen, während die tieferen Theile der Linsenstern-Kittflächen den Enden der tiefer gelegenen Fasern in ihrer ganzen Ausdehnung zum Ansatz dienen. Bei den geschilderten Macerationsverfahren findet unter Zerstörung bzw. Lösung der Kittmasse und Bildung klaffender Spalten ein Auseinanderweichen der Linsenfaserenden statt. Die Spalten füllen sich dabei zum Theil mit körniger Masse, der sog. Sternsubstanz, welche abgesehen von Resten der Kittsubstanz aus Eiweisskugeln (Linsen-kugeln) besteht, die aus den Enden der Linsenfasern ausgetreten sind. Sie können sich besonders reichlich an den Linsenpolen ansammeln.

In Betreff des Verlaufes der Linsenfasern in den einzelnen Schichten der Linse lehren zunächst Meridionalschnitte, dass der grösste Theil der Linsenfasern nach aussen convexe Bögen beschreibt, die von einem vor dem Aequator befindlichen Punkte der Linsenstern-Kittflächen zu einem hinter der Aequatorialebene gelegenen Punkte des Linsensternsystems sich begeben (Fig. 66, C). Diese nach aussen convexen Bögen haben aber in den verschiedenen Zonen der Linse verschiedene Krümmung und verschiedene Länge. Letztere nimmt von der Peripherie nach dem Centrum der Linse allmählig ab. In Betreff der Krümmung zeigen die äusseren Fasern entsprechend den Meridianen der Linsenoberfläche eine schärfere dem Aequator entsprechende Knickung, welche sich nach den mittleren Schichten allmählig ausgleicht, sodass hier an der Grenze des Linsenkernegebietes die Linsenfasern nahezu reine Kreisbogen beschreiben. Im Linsen-kern werden diese Bögen nach der Axe zu kleiner und kleiner und strecken sich allmählig im Sinne der letzteren. Dass trotz der stärkeren Biegung der peripheren Fasern in der Aequatorialebene Spalten in diesem Theile der Linse nicht zu Stande kommen, dürfte in der Verdickung der Linsenfasern durch die in der Aequatorialzone eingelagerten Kerne seine Erklärung finden.

Die beschriebene Anordnung der Linsenfasern erklärt zur Genüge die zwiebelschalenartige Abblätterung concentrischer Lamellen nach den verschiedenartigen oben erwähnten Eingriffen. Es folgt daraus auch, dass weder unter der vorderen noch unter der hinteren Kapsel Linsenfaserausätze sich finden; vielmehr sieht man die Linsenfasern bei Flächenansicht der Kapsel stets parallel ihrer inneren Oberfläche hinziehen, vorn natürlich noch durch das Epithel von der Kapsel geschieden. Nur eine einzige Stelle des Meridionalschnitts lässt ein wesentlich anderes Verhalten der unmittelbar der Kapsel anliegenden Elementartheile erkennen. Es ist dies der Aequatorialrand der Linse. Hier findet die oben erwähnte allmähliche Verlängerung der Epithelzellen zu Linsenfasern statt (Fig. 61, 3); hier berühren also die leicht verbreiterten Fussenden der noch kurzen Linsenfasern (Fig. 61, 4) vorn die innere Fläche des Epithels, hinten der Kapsel. Uebrigens ist hier die Krümmung eine andere. Die convexe Seite der von den noch kurzen Linsenfasern gebildeten Bögen ist nämlich nach innen gewandt; erst allmählig strecken sich die Fasern und nehmen schliesslich unter rascher Verlängerung die für die fertigen Linsenfasern charakteristische Krümmung, deren Convexität nach aussen gerichtet ist, an.

Was endlich die Beziehungen der Linsenfasern zu den Stern-Kittflächen betrifft, so gilt als allgemeine Regel, dass ein meridionaler Verlauf von den Linsenfasern eingehalten wird, dass ferner die Linsenfasern einer Schicht etwa die gleiche Länge besitzen. Unter dieser Voraussetzung und unter Berücksichtigung des Alternirens der Linsenstern-Strahlen an vorderer und hinterer Fläche ist nur eine Art der Aufreihung der Linsenfasern am Linsenstern möglich, dass nämlich die aus der Polgegend der vorderen Fläche der Linse kommenden Fasern (Fig. 66, B, 6) ihr Ende an den freien Enden der Linsenstrahlen der entgegengesetzten Fläche finden (Fig. 66, A, 6), die vom Ende der Strahlen entstehenden (Fig. 66, B, 1) dagegen am entgegengesetzten Linsenpol ihre Kittfläche erreichen (Fig. 66, A, 1). Wäre nun der Verlauf der Linsenfasern von der vorderen zur hinteren Fläche ein in allen ihren Theilen genau meridionaler, so würden die den Pol erreichenden Fasern den Winkel zwischen zwei Sternstrahlen genau halbiren, also mit letzteren (bei Annahme eines dreistrahligten Sternes) einen Winkel von 60 Grad bilden. Dieser Winkel würde aber für die Linsenfasern um so spitzer werden, je näher der Spitze des Sternstrahles dieselben ihre Kittfläche erreichen und an der Spitze des Sternstrahls = 0 sein. In Wirklichkeit aber zeigen die Linsenfaserausätze in der ganzen Länge des Sternstrahles das Bestreben, ihren Ansatz unter einem möglichst grossen, beinahe rechten, Winkel zu nehmen (vergl. Fig. 66, A und B, 2–5). Sie biegen nämlich kurz vor ihrem Ansatz zur Nahtstelle um und zwar die der vorderen Linsenhälfte entsprechenden Enden derselben Linsenfasern im entgegengesetzten Sinne, wie die Enden, welche der hinteren Linsenhälfte angehören. Man kann also davon reden, dass die Linsenfasern eine S förmige Krümmung besitzen (Fig. 66, C unterhalb 6), darf aber nur nicht vergessen, dass das Mittelstück meridional gerichtet ist und an Länge die umgebogenen Enden bedeutend übertrifft. — Die Umbiegungen der Linsenfasern an den Stern-Kittflächen bedingen eine eigenthümliche Zeichnung der Nachbarschaft der Sternlinien, welche man als Linsenwirbel (*Vortex lentis*) beschrieben hat (Fig. 67, 1, 1). Denn von der Mitte des Zwischenraumes zwischen zwei Sternlinien divergiren die Linsenfasern wirbel-

förmig. — Der Ansatz der Linsenfaser an der Stern-Kittfläche findet unter leicht kolbiger Verbreiterung des Endes der Linsenfaser statt. Die Substanz der Linsenfaser scheint in diesem kolbigen Ende weicher, wasserreicher zu sein. Man beobachtet häufig in ihr Vacuolenbildung und den Austritt von Eiweisskugeln.

Wie innerhalb der übrigen Epithelien, so haben wir auch in der epithelialen Linse die quellbare Kittsubstanz als Träger der von aussen her eintretenden Ernährungsflüssigkeit anzusehen. Andere als Saftbahnen anzusprechende Bildungen, wirkliche Lücken im Linsengewebe (sog. interfibrilläre Gänge v. Becker's) giebt es nicht. Die Kittsubstanz aber findet sich, wie aus vorstehender Beschreibung nochmals zusammen gestellt sein mag, an folgenden Stellen: 1) als subcapsuläre Schicht sowohl zwischen Epithel und vorderer Kapsel, als zwischen Linsenfaser und hinterer Kapsel; 2) als subepitheliale Schicht zwischen Epithel und Linsenfaser, dem ursprünglichen Hohlraum der Embryonal-Linse entsprechend; 3) als Kittsubstanz der Linsensternfigur; 4) zwischen den einzelnen Linsenfaser.

Spindelförmige mit ihrer Längsrichtung meridional gestellte Lücken zwischen den Linsenfaser, an Schnittpräparaten mit feinkörnigem Inhalt erfüllt, beschreibt in neuester Zeit O. Becker. Die benachbarten Linsenfaser besitzen den Lücken entsprechende Einbuchtungen.

4) Wachsthum der Linse.

Die embryonale Linse unterscheidet sich von der entwickelten durch ihre Annäherung an die Kugelform (vergl. Fig. 60 a u. b). Der sagittale Durchmesser (die Axe) der Linse erreicht schon vor der Geburt seine definitive Grösse (Sappey und Jäger); der Durchmesser der Aequatorialebene dagegen nimmt auch im postembryonalen Leben successive zu. Er beträgt beim 7 Monat alten Foetus 6 mm, beim Neugeborenen 7 mm, zwischen dem 10. und 12. Jahre 8 mm und erreicht im 17. bis 18. Jahre 9 mm. Er geht aus dem Wachsthumstillstand in sagittaler Richtung, aus der Wachsthumzunahme in äquatorialer Richtung hervor, so dass die Abplattung der Linse durch Anlagerung neuer Schichten an die äquatoriale Zone zu Stande kommen muss, was auch durch die mikroskopische Untersuchung seine Bestätigung findet. Die Linse des Embryo entspricht dann dem Kern der Linse des Erwachsenen, das Wachsthum der Linse ist ein appositionelles. Für ein solches Wachsthum sprechen sich auch Henle und O. Becker aus. Ersterer vermochte jedoch in der Uebergangszone vom Epithel zu den Linsenfaser keine Bilder zu finden, welche auf Kern- bzw. Zell-Theilung hätten bezogen werden können. Dagegen treten Kerntheilungsfiguren in beträchtlicher Entfernung von jener Uebergangszone zwischen ruhenden zerstreut auf (Henle bei Frosch- und Triton-Larven). Nach O. Becker findet sich indirekte Kerntheilung (in Linsen von Rindsembryonen, jungen Schweinen und Kindern) an zerstreuten Stellen des Epithels längs der ganzen Innenfläche der vorderen Kapsel; eine ringförmige Zone lebhafterer Zellproduction wurde beim Schwein in der Nähe des Aequator gefunden; nie dagegen konnten Kerntheilungs Figuren in den Linsenfaser beobachtet werden. In Folge dieser intraepithelialen Zellvermehrung werden also successive die dem Linsenrande entsprechenden Zellen nach hinten gedrängt und durch diesen Wachsthumdruck unter Grössenzunahme so zu sagen zu Linsenfaser umgestempelt. Die neuen Linsenfaser lagern sich successive den alten auf.

Nach dieser von Köl liker und Henle begründeten Anschauung über die Natur des Linsenwachsthums würde ein rein appositionelles Wachsthum mit Vermehrung der Linsenfasernzahl statt finden. Beim Menschen scheinen dagegen nach Harting die Verhältnisse während des embryonalen Lebens etwas anders zu liegen. Er findet nämlich durch Messung und Berechnung, dass die Linse eines Neugeborenen nicht mehr Fasern besitzt, als die eines vier Monat alten Foetus (1475 bzw. 1450 im Umkreise der Linse), dagegen noch einmal so dicke und breite. Die Linse des Erwachsenen zeigt dagegen eine beträchtliche Vermehrung der Faserzahl (2058 im Umkreise der Linse) ohne Zunahme der Dicke der einzelnen Fasern. Es würde hieraus folgen, dass das Wachsthum der menschlichen Linse während des Embryonallebens ein interstitielles, nach der Geburt aber ein appositionelles ist.

Zweikernige Linsenfasern sind von Frey und Henle beschrieben worden. Ich glaubte eine Zeit lang, mich für die Linse des Frosches von dem Vorkommen solcher Fasern überzeugt zu haben, habe aber nach sorgfältiger Prüfung stets die Ueberzeugung gewonnen, dass es sich um die Kerne zweier dicht auf einander liegender Linsenfasern in Flächenansicht handelt. — Eine Längsstreifung der Linsenfasern findet sich vielfach erwähnt und wird gewöhnlich auf Runzelungen der Oberfläche der Fasern zurückgeführt. Nach J. Arnold sollen dagegen nach Einwirkung verdünnter Lösungen von Osmiumsäure die Fasern sich in Fibrillen spalten. Was Thin als Primitivfibrillen der Linsenfasern beschreibt, sind nichts weiter als die Kantenansichten.

Die Gestalt der Linse bei den Fischen und Amphibien nähert sich der Kugelgestalt. Bei den Vögeln und Reptilien geht am Aequatorialrande der Linse das Epithel zunächst nicht in die eigentlichen Linsenfasern über, sondern bildet zuvor in der Aequatorialzone durch Auswachsen der Zellen zu kernhaltigen Fasern einen Wulst (Ringwulst), dessen Fasern parallel der Aequatorialebene gestellt sind. Erst an der hinteren Linsenfläche schliessen sich an die hier bedeutend niedrigeren Zellen des Ringwulstes unter rascher Erhöhung und Richtungsänderung die eigentlichen Linsenfasern an, welche somit einen die vordere und hintere Fläche der Linse erreichenden kugeligen Kern bilden, an dessen Aequatorialzone sich der Ringwulst anschliesst.

Im höheren Alter erleidet die Linse erhebliche Veränderungen. Die makroskopisch erkennbaren sind stärkere Abplattung, Sklerosirung und gelbliche Färbung. Bei mikroskopischer Untersuchung zeigen sich die Epithelzellen der vorderen Kapsel, deren Höhe bei Neugeborenen der Dicke der vorderen Kapsel gleich kam, stark abgeplattet, sodass auf Querschnitten dann kaum mehr als die Kerne zu erkennen sind (O. Becker). Häufig entwickeln sich überdies hyaline Auflagerungen auf der inneren Oberfläche der vorderen Kapsel (H. Müller).

C) Bindegewebige Hüllen des Sehbechers.

I. Glaskörper und Zonula (innere bindegewebige Hüllen).

Der Glaskörper erfüllt als eine klare wasserreiche Gallerte den hinter der Linse und innerhalb der Netzhaut gelegenen Raum (Glaskörperraum) des Augapfels (Fig. 59, 13). Er besitzt also im allgemeinen die Gestalt einer leicht in der Richtung vom vorderen zum hinteren Pol abgeplatteten Kugel, deren vordere Polarzone überdies durch Einlagerung der Linse zu einer Grube (Fossa patellaris) eingetrieben erscheint. Der Glaskörper wird in seiner ganzen Ausdehnung von der Papilla optici bis zur Ora serrata von einer Membran umgeben (Membrana hyaloidea), welche in modificirter Weise sich längs des Corpus ciliare nach vorn und innen zur vorderen Fläche und zum Rande der Linse fortsetzt, mit deren Kapsel sie innig verschmilzt. Dieser in der Gegend der Ora serrata beginnende modificirte Abschnitt der Hyaloidea, der in Folge der Einbuchtungen, welche er durch die meridional vorspringenden Ciliarfortsätze erleidet, eine den Linsenrand umkreisende radiär gefalte Membran darstellt,

heisst Strahlenbändchen, *Zonula ciliaris* s. *Zinnii*. Ihr Zusammenfliessen mit der vorderen Linsenkapsel deutet noch auf die im embryonalen Leben die ganze Linse umhüllende gefässhaltige Linsenkapsel hin, deren hintere Hälfte (*Membrana capsularis*) mit der Glaskörpersubstanz von vornherein continuirlich war. Während aber jene embryonale gefässhaltige Bindegewebshülle unmittelbar der Linse anlag, hat sich im entwickelten Zustande der Zusammenhang zwischen Linse und Bindegewebshülle an einer Stelle durch Auftreten eines mit Flüssigkeit erfüllten Spaltraums gelockert, nämlich im Umkreise des Linsenrandes. Dieser ringförmig den letzteren umkreisende Raum, der nach vorn von der Zonula, nach innen vom Linsenrande, nach hinten von der Glaskörpersubstanz begrenzt wird, ist der *Canalis Petiti*. Er ist abgesehen von seiner vorderen Zonula-Begrenzung nicht von besonderen Membranen ausgekleidet, sondern wird von der Linse und Glaskörpersubstanz unmittelbar begrenzt, ist also als ein mit Flüssigkeit erfüllter Spaltraum des Glaskörpers aufzufassen. Weil aber der Kanal und seine vordere Begrenzung, die Zonula, eine Reihe wichtiger Eigenthümlichkeiten besitzen, ist es zweckmässig, den eigentlichen Glaskörper gesondert von der Zonula und dem Petit'schen Kanale zu beschreiben.

1) Der Glaskörper (*Corpus vitreum*).

Am Glaskörper haben wir die Membran und die Glaskörpergallerte zu unterscheiden.

a) Die *Membrana hyaloidea* (*M. limitans hyaloidea* von Henle) ist eine glashelle strukturlose leicht Falten schlagende Membran, welche die ihrer Innenseite innig anhaftende Glaskörpersubstanz gegen den *Margo limitans retinae* (s. oben S. 95) abgrenzt. Es existirt nur diese eine Membran zwischen Netzhaut und Glaskörper. Sie gehört aber nicht, wie mehrere Forscher (*Iwanoff*, Herzog Carl in Bayern) behaupten, zur Retina, sondern zum Glaskörper. Zwar haftet sie am frischen Auge leicht an der Retina, aber nie als isolirte Membran, sondern mit einer mehr oder weniger dicken Lage von Glaskörpersubstanz. An Augen, die einige Tage in dünnem Alkohol gelegen haben (*Schwalbe*) oder auch an solchen, die ein bis zwei Tage nach dem Tode zur Untersuchung gelangen (*Aeby*), schlüpft stets die *Hyaloidea* im Zusammenhange mit dem Glaskörper glatt und unversehrt aus dem *Bulbus* heraus. In der Gegend der *Ora serrata* treten feine meridional verlaufende Streifen in der Glashaut auf. Sie nehmen weiter nach vorn an Zahl und Stärke zu, während sich zu gleicher Zeit ihr Substrat, die *Hyaloidea*, verdickt. So entsteht aus der *Hyaloidea* am Anfange des Ciliarkörpers die *Zonula ciliaris*. Zu gleicher Zeit hebt sich allmählig die Glaskörpergallerte von der Zonula ab und wird zur hinteren Wand des *Canalis Petiti*, während sie in den centralen Theilen sich innig der hinteren Fläche der Linse anschmiegt.

Unmittelbar unter der inneren Oberfläche der *Hyaloidea* finden sich regellos über dieselbe vertheilt Zellen (*subhyaloideale Zellen*), welche in allen ihren Eigenschaften Leukocyten gleichen und wohl als aus den benachbarten Blutgefässen ausgewanderte farblose Blutzellen zu betrachten sind. Dafür sprechen die von *Iwanoff* an ihnen wahrgenommenen amöboiden Bewegungen, dafür spricht ferner, dass sie in der Gegend der *Ora serrata* und in der Nähe der *Papilla optici* am zahlreichsten vorkommen, also an den Stellen, wo offenbar

am bequemsten eine Auswanderung aus den Gefässen des Ciliarkörpers und der Papille in den gefässlosen Glaskörper hinein statt finden kann.

b) Glaskörpergallerte.

Die Glaskörpergallerte ist beim Menschen eine klare etwas fadenziehende Masse, welche bis 98,6 % Wasser enthält. Bringt man frische Glaskörper auf ein Filter, so bleibt auf demselben nur ein geringer höchstens 0,21 Gewichtstheile (Lohmeyer) betragender fester Rückstand (fester Theil des Glaskörpers), während die übrige Substanz des Glaskörpers als Glaskörperflüssigkeit (*Vitрина ocularis*) hindurchfiltrirt. Diese Flüssigkeit enthält Salze und Extractivstoffe, ausserdem Spuren von Eiweiss gelöst. Der menschliche Glaskörper unterscheidet sich von dem vieler Säugethiere (z. B. Raubthiere, Hufthiere) durch klebrige Beschaffenheit, welche auf die Existenz geringer Mengen schleimgebender Substanz zurück geführt werden muss. Letztere Substanz fehlt dagegen in der schlüpfrigen Gallerte des Glaskörpers der genannten Thiere, während der Eiweissgehalt hier auf 0,136 % steigt.

Da nun jedes beliebige Stück der Glaskörpergallerte, auf ein Filter gebracht, dieselbe Erscheinung der Scheidung seiner Substanz in einen spärlichen festen Rückstand und in eine reichliche Menge Flüssigkeit zeigt, so ist es klar, dass letztere nicht etwa in einem oder mehreren cystenartigen Hohlräumen des Glaskörpers enthalten sein kann, sondern die gesamte feste Substanz mehr gleichmässig durchtränken muss. Man kann die Vertheilung beider Massen sich wohl am besten unter dem Bilde eines von reichlicher Flüssigkeit durchtränkten Schwammes denken. Dies schliesst nicht aus, dass an einzelnen Stellen die mit Flüssigkeit erfüllten Räume zusammenfliessen und feine der Oberfläche des Glaskörpers concentrische Spalträume bilden (J. Stilling). Von Membranen aber, welche nach der Meinung einiger Forscher den Glaskörper durchsetzen sollen, ist im frischen Zustande nie etwas zu sehen. Die Spalträume, um welche es sich handelt, sind vielmehr von der Glaskörpersubstanz selbst begrenzt. Nur ein mit Flüssigkeit erfüllter Raum macht davon eine Ausnahme. Es ist dies der *Canalis hyaloideus* (Centralkanal des Glaskörpers). Er beginnt von der *Papilla optici* mit einer leichten Erweiterung (*Area Martegiani*), deren Durchmesser dem der Sehnerven-Papille entspricht, und durchsetzt sodann als ein etwa 2 mm weiter Kanal den Glaskörper bis in die Nachbarschaft der hinteren Linsenfläche, wo er abgerundet oder leicht kolbig verdickt aufhört. Im embryonalen Leben schliesst er die von der *Papilla optici* ausgehende *A. hyaloidea* (s. *capsularis*) ein, welche in ihm zur hinteren Linsenfläche gelangt (vergl. oben S. 126). Nach Schwund derselben erhalten sich am Anfang des Kanals Reste des die Arterie begleitenden Bindegewebes, beim Menschen als ein in die physiologische Excavation der *Papilla optici* eingelagerter Bindegewebs-Meniscus (s. oben S. 91), bei einigen Thieren (besonders schön beim Ochsen) als ein in den Centralkanal oft weit hineinragender Zapfen. Der Centralkanal des Glaskörpers wird von einer deutlichen Membran begrenzt, die als Fortsetzung der *Membrana hyaloidea* anzusehen ist. Da die Sehnerven-Papille beim Menschen excentrisch gelegen ist, so durchsetzt auch der Centralkanal den Glaskörper nicht in der Augenaxe, sondern excentrisch. Die Demonstration des mit klarer Flüssigkeit erfüllten Centralkanals ist nach zwei Methoden möglich:

1) nach der Methode von Stilling füllt sich der Kanal, wenn man auf die hintere Fläche eines unversehrt herausgeschälten Glaskörpers oder auch auf eine äquatoriale Schnittfläche eine farbige Flüssigkeit aufträufelt (Fig. 68, c); 2) nach Schwalbe ist der Kanal in seiner ganzen Ausdehnung durch Einstich-Injection unter die Pialscheide des Sehnerven zu füllen.

Ausser dem Centralkanal existiren, wie erwähnt, höchst wahrscheinlich in den peripheren Theilen des Glaskörpers noch feine von Glaskörpersubstanz selbst begrenzte concentrisch zur Oberfläche angeordnete Spalträume. Für die Existenz solcher Räume sprechen folgende Beobachtungen: 1) An gefrorenen Glaskörpern gelingt es beim Beginn des Aufthauens von der Oberfläche feine concentrisch zum Mittelpunkt des Glaskörpers angeordnete Eisscheibchen abzublättern, die doch nur in concentrischen Spalträumen sich gebildet haben können. 2) Stilling beobachtete nach Aufträufeln farbiger Flüssigkeiten auf die Schnittflächen des im Aequator halbirten Glaskörpers in der Rindenzone desselben Füllung schalenförmiger concentrischer Spalträume, während im centralen Kerne des Glaskörpers nur der Centralkanal und eine von ihm ausgehende verästelte Figur (Dreihörnchenfigur von Stilling) sich gefärbt zeigte. Letztere ist aber zweifellos durch Risse in der Glaskörpersubstanz künstlich erzeugt (Fig. 68).

Fig. 68.

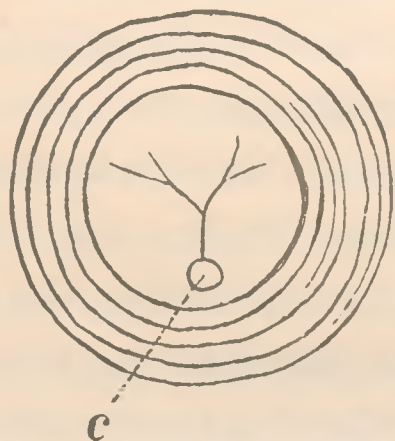


Fig 68. Aequatorialschnitt eines Säugethier-Glaskörpers (Schaf, Schwein) nach Stilling. Schematisch.

c, Centralkanal, die davon ausgehenden Strahlen (Dreihörnchen-Figur von Stilling) sind durch Risse der centralen Glaskörpergallerte entstanden. Die concentrischen Linien der Peripherie deuten die nach Aufträufeln farbiger Lösungen sich füllenden concentrischen Spalten der Rinde an.

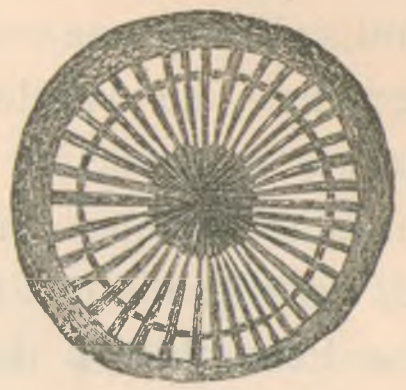
3) An Querschnitten durch Glaskörper in Müller'scher Flüssigkeit erhärteter Augen beobachtete Iwanoff einen Zerfall der peripheren Substanz in concentrisch angeordnete durch Spalten getrennte Lamellen. 4) Hannover vermochte im Glaskörper von Säugethieren nach längerem Verweilen der betreffenden Augen in sehr dünner Chromsäure ebenfalls einen concentrisch geschichteten Bau nachzuweisen, deutete aber die einzelnen Lamellen als präformirte Membranen, während sie offenbar den von Iwanoff dargestellten Lamellen entsprechen, die durch starke Schrumpfung eine Erweiterung der sie trennenden Spalträume herbeigeführt haben. Es sind also die Hannover'schen concentrisch geschichteten Membranen des Säugethier-Glaskörpers nichts Anderes als geschrumpfte Theile der Glaskörpersubstanz.

Mit Hülfe aller dieser Beobachtungen würde sich also für die Glaskörpergallerte der untersuchten Säugethiere ergeben, dass dieselbe aus einer von feinen wandungslosen concentrischen Spalträumen durchsetzten Rindenschicht und einem damit continuirlichen von solchen Spalten freien Kern besteht, welcher letzterer in seinem Inneren den von einer Membran begrenzten Canalis hyaloideus birgt. Beim Menschen haben leider den Stilling'schen ähnliche Versuche wegen Mangel an geeignetem frischen Material noch nicht angestellt werden können. Die Bilder aber (Fig. 69), welche Aequatorialschnitte des Glaskörpers von Augen gewähren, die längere Zeit in Müller'scher Lösung conservirt waren, weisen ebenfalls auf ein abweichendes Verhalten von Rinde und Kern hin. Erstere erscheint nahezu compact, wird nur von einer concentrischen Spalte durchsetzt.

Fig 69. Aequatorialschnitt des menschlichen Glaskörpers.
Präparat aus Müller'scher Lösung.

Fig. 69.

Im Kern dagegen strahlen von einer den Centralkanal einschliessenden compacteren Masse eine grosse Zahl von Scheidewänden radiär zur Peripherie aus, sodass der Querschnitt mit Hannover passend dem Querschnitt einer Apfelsine verglichen werden könnte. Die radiären Scheidewände sind aber auch hier keine Membranen, sondern geschrumpfte Reste von Glaskörpersubstanz, zwischen denen sich im frischen Zustande höchst wahrscheinlich nur capillare radiäre Spalträume finden. Das Zurücktreten der geschrumpften Substanz gegenüber den weiten Lücken im Kern des menschlichen Glaskörpers deutet jedenfalls auf einen besonderen Wasserreichthum desselben hin, während der Glaskörper der untersuchten Säugethiere umgekehrt in den peripheren Schichten wasserreicher zu sein scheint.



Innerhalb der Glaskörpergallerte lassen sich zwei Arten mikroskopischer Formelemente nachweisen, nämlich Fasern und Zellen.

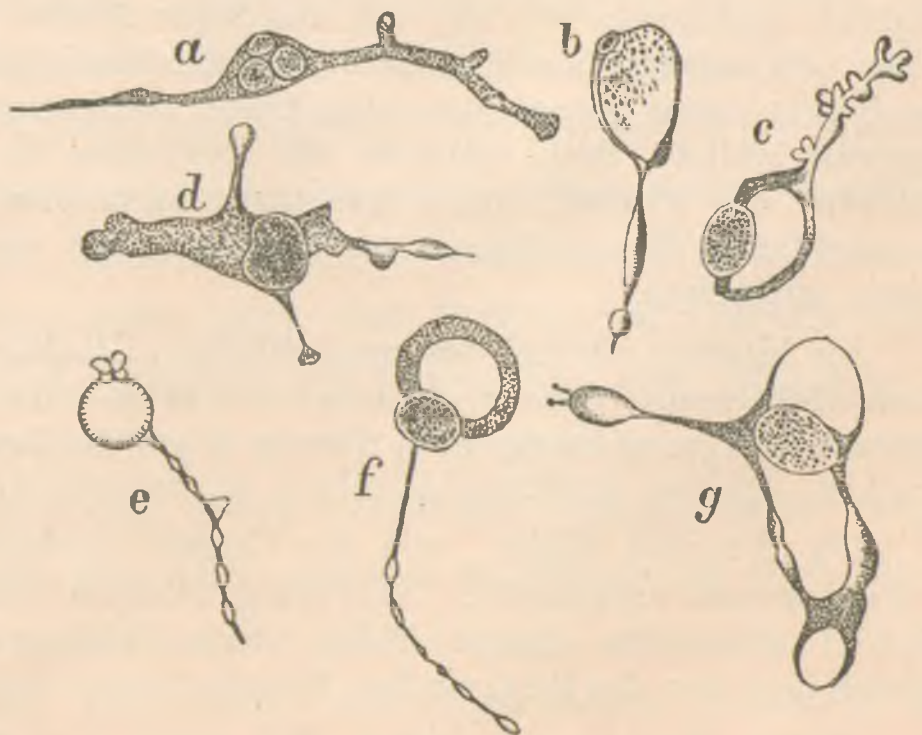
1) Fasrige Elemente sind in der Nähe der Ora serrata als Bündel feinsten Fibrillen vorhanden; letztere treten hier an die Oberfläche des Glaskörpers und betheiligen sich an der Bildung der Zonula (Iwanoff). Ausser diesen feinen Fibrillen kommen vereinzelt fasrige Gebilde als Reste embryonaler Gefässe innerhalb des Glaskörpers vor (Lieberkühn).

2) Zellen. Der reife Glaskörper besitzt keine fixen Bindegewebszellen, sondern nur Wanderzellen (Leucocyten) (Pagenstecher, Schwalbe), von denen drei Hauptformen zu unterscheiden sind (Iwanoff): a) rundliche Zellen ganz vom Aussehen der subhyaloidalen Zellen in den peripheren Theilen des Glaskörpers; b) stern- oder spindelförmige Zellen mit einem oder mehreren Kernen und oft sehr langen fadenförmigen Ausläufern, die meist mit kleinen kugligen Anschwellungen versehen sind (Fig. 70, a, d); c) Zellen, welche eine, selten zwei Vacuolen enthalten, 1—3 Kerne einschliessen und daneben ähnliche varicöse Ausläufer, wie die vorige Art, treiben können (Fig. 70, b, c, e, f, g). Die hellen Blasen dieser Zellen sind aber nicht Schleim, sondern mit Flüssigkeit

Fig. 70. Zellen des menschlichen Glaskörpers.

Fig. 70.

a und d ohne, b, c, e, f, g mit Vacuolen.
c und d mit Fortsätzen, von denen sich Protoplasmakügelchen ablösen.



erfüllte Vacuolen. Amöboide Bewegungen hat zuerst Iwanoff an diesen drei Arten von Glaskörperzellen beobachtet. Lieberkühn und Pagenstecher erkannten in ihnen dann nur drei verschiedene Formzustände derselben Art amöboider Zellen. Schwalbe gelang es experimentell den Nachweis zu liefern,

dass alle diese Zellen des entwickelten Glaskörpers eingewanderte Leucocyten sind. Bringt man einen Säugethier-Glaskörper in den Rücken-Lymphsack eines Frosches, so wandern vorher durch Farbstoff-Körnchen-Aufnahme kenntlich gemachte Leucocyten des Frosches in den Glaskörper ein und nehmen nun ganz ähnliche Formen an. Die langen varicösen Ausläufer der zweiten und dritten Art erklären sich leicht aus der eigenthümlichen Consistenz des Glaskörpers: das Protoplasma der sich in der Glaskörpergallerte bewegenden Zellen wird, wie in Leimlösungen, zu Fäden ausgezogen. Dabei kommt es leicht zu einem Zerreißen der Fäden, es schnüren sich kleine Kügelchen ab, die dann eine weitere Art kernloser Formelemente des Glaskörpers darstellen, welche im Glaskörper sehr häufig gefunden wird. Wo die Glaskörpersubstanz besonders wasserreich ist, wird Vacuolenbildung innerhalb der Wanderzellen nicht ausbleiben. So erklärt sich das Auftreten der blasigen Zellen, die in Uebereinstimmung mit der vorgetragenen Anschauung im wasserreichen Kern des menschlichen Glaskörpers besonders häufig gefunden werden.

Es kann also keine Rede davon sein, dass im Glaskörpergewebe des Erwachsenen ein Netz sternförmiger anastomosirender Zellen existire. Jene sternförmigen Zellen sind vielmehr, wie alle im entwickelten Corpus vitreum vorkommenden, Wanderzellen. Dagegen ist die Existenz fixer Bindegewebszellen innerhalb des wasserarmen Glaskörpers von Embryonen nicht in Abrede zu stellen (Potiechin). Histologisch ist die Glaskörpersubstanz des Erwachsenen weder als eine Art Schleimgewebe (O. Weber), noch als ein Wanderzellen enthaltendes flüssiges Transsudat (Kessler, Beauregard) zu betrachten, sondern als ein ausserordentlich wasserreiches Bindegewebe, dessen fixe Zellen zu Grunde gegangen sind, dessen stark mit Wasser infiltrirte interfibrilläre Substanz aber von Wanderzellen durchzogen wird.

Dass die Hyaloidea nicht zur Retina, sondern zum Glaskörper gehört, illustriert auch die Anatomie des Vogel-Auges. Hier überzieht die Hyaloidea den in den Glaskörperraum hinein ragenden Kamm, während die Retina an der Basis desselben aufhört. Auch die von Iwanoff und Herzog Carl in Bayern gegen die oben vorgetragene Ansicht verwerthete Beobachtung, dass nämlich bei der Glaskörper-Ablösung die Hyaloidea an der Retina haften bleibt und durch einen glattwandigen Raum von der Glaskörpergallerte getrennt wird, spricht nicht gegen die Zugehörigkeit der Hyaloidea zum Glaskörper. Die glatten Grenzflächen des neu gebildeten Spaltraumes sind secundäre Bildungen. — Nach Aeby hat die Hyaloidea nichts mit der Zonula zu thun, sondern setzt sich als hintere Begrenzung des Petit'schen Kanals auf die hier freie vordere Fläche der Glaskörpergallerte fort. Auch ich hatte früher hier eine Membran angenommen, die ich im Sinne älterer Forscher aus einer Spaltung der Hyaloidea an der Ora serrata hervorgehen liess. Ich habe mich aber später davon überzeugt, dass diese dem Petit'schen Kanal und der Linse zugekehrte Fläche des Glaskörpers keine distinkte Membran besitzt, dass vielmehr die Hyaloidea in der Zonula ihre Fortsetzung findet. — Die Hyaloidea der Fische, ungeschwänzten Amphibien, Schlangen und Säugethier-Embryonen ist mit reichlichen Blutgefässnetzen versehen. Sie sind als den Netzhautgefässen homologe Bildungen anzusehen.

Im hinteren Drittel des menschlichen Glaskörpers fand Loewe einen mit Flüssigkeit gefüllten Hohlraum, den er als hintere Glaskörperhöhle oder „dritte Augenkammer“ bezeichnete. Hirschberg und Herzog Carl in Bayern haben sich ebensowenig, wie andere Forscher, von der Existenz desselben überzeugen können.

Die Art und Weise, wie der Canalis hyaloideus sich an seinem vorderen Ende verhält, ist nicht genau festgestellt. Stilling zeichnet einen Uebergang in eine postlenticuläre Spalte; Michel erhielt in einigen Fällen beim Schweinsauge eine Füllung des Canalis hyaloideus zugleich mit der des Petit'schen Kanals durch Einstich-Injection in die vordere Augenkammer.

Ausser Hannover haben sich auch Brücke und Finkbeiner für die Existenz von Membranen im Glaskörper erklärt. Ersterer sah nach Einlegen des Glaskörpers in eine con-

centrirte Lösung von Bleizucker eine der Oberfläche des Glaskörpers concentrische milchweisse Streifung auftreten und bezog dieselbe auf Membranen. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass eine solche Schichtung sich stets parallel einer beliebig durch den Glaskörper gelegten Schnittfläche ausbildet, also ein Kunstprodukt ist (Bowman, Duncan).

2) Die Zonula ciliaris s. Zinnii und der Canalis Petiti.

Die Zonula ciliaris (Strahlenbändchen, Zonula Zinnii) ist die radiär gefaltete vordere Fortsetzung der Membrana hyaloidea zur Linsenkapsel. Wie ein zierlich gekrauster glasheller Ring umgiebt sie den Linsenrand und inserirt sich an der Linsenkapsel der Art, dass ihre Theile ohne merkliche Grenze mit der Linsenkapsel verschmelzen, wahrscheinlich die oben (S. 125) erwähnte Zonulalamelle der letzteren bilden. Die Breite des Zonularinges entspricht selbstverständlich der Entfernung der Ora serrata vom Linsenrande, beträgt also etwa 6 mm. Der grössere Theil der Zonula, von der Ora serrata bis zur Spitze der Ciliarfortsätze, ist mit dem Ciliarkörper in eigenthümlicher Weise verwachsen (verwachsener Theil der Zonula). Da aber die Spitzen der Ciliarfortsätze den Linsenrand nicht erreichen (vergl. Fig. 59), so findet sich zwischen ihnen und dem Linsenrande noch eine schmale Zone, innerhalb deren die Zonula frei der hinteren Augenkammer zugekehrt ist (freier Theil der Zonula) (Fig. 71, b).

Fig. 71.

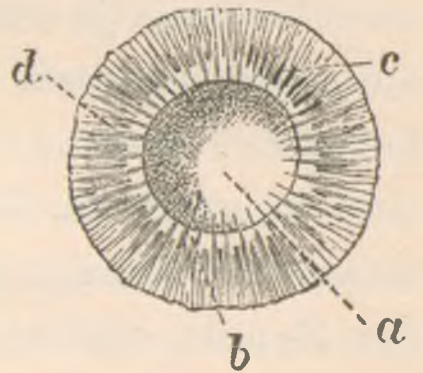


Fig. 71. Linse mit Zonula und Glaskörper, von vorn gesehen.
a, Linse, b, freier Theil der Zonula; c, d, verwachsener Theil derselben; bei c haftet Pigment an, welches aus der Pars ciliaris retinae stammt.

Der verwachsene Theil der Zonula haftet im frischen Zustande fest an den entsprechenden Theilen des Ciliarkörpers, sodass er nicht ohne Zerreißung isolirt werden kann. Durch Einlegen der Augen in Alkohol (Schwalbe) oder nach ein- bis zweitägiger Fäulniss-Selbstmaceration (Aeby) gelingt es sehr leicht, Linse, Glaskörper und Zonula unversehrt im Zusammenhange aus dem Augapfel herausschlüpfen zu lassen. Der verwachsene Theil der Zonula erscheint dann radiär gestreift (Fig. 71, c, d). Die Streifung ist fein in der peripheren Zone zwischen der Ora serrata und der Erhebung der Ciliärfortsätze, wird dagegen sehr ausgeprägt im Gebiet der letzteren, weil hier zu den die radiäre Streifung bedingenden radiären Fasern der Zonula noch radiäre Falten hinzukommen, die nach dem Linsenrand an Stärke zunehmen. Diese radiären Falten besitzen aber im Auge des Erwachsenen nicht ganz die Höhe der Einfaltungen des Ciliarkörpers, füllen also die Thäler zwischen den Ciliarfortsätzen nicht vollständig aus. Vielmehr bleibt zwischen jedem Zonulaberg und dem entsprechenden Ciliarkörper-Thale ein Zwischenraum, der eine sehr variable Weite besitzen kann, in allen Fällen aber axialwärts, also nach der Spitze der Ciliarfortsätze zu in die hintere Augenkammer mündet, folglich ein Divertikel der letzteren ist. Diese von Kuhnt entdeckten Recessus camerae posterioris, deren man soviel zählt, als sich Thäler zwischen den Ciliarfortsätzen finden, also ungefähr 70, nehmen in der Richtung nach der Ora serrata an Höhe ab und enden noch im Gebiet der Ciliarfortsätze, nachdem sie eine Länge von etwa 1,5 mm erreicht haben. Die Befestigungsweise der Zonula am Ciliarkörper gestaltet sich folglich im Gebiet der Ciliarfortsätze anders als in dem Gebiet des Orbiculus

ciliaris. Innerhalb dieses letzteren ist die Zonula mit der cuticularen Limitans der Pars ciliaris retinae überall fest verklebt, der Art, dass sich nirgends ein Spaltraum zwischen beiden findet, vielmehr bei Isolationsversuchen nach Maceration in dünnem Alkohol, Müller'scher Flüssigkeit und dergl. an vielen Stellen die genannte Limitans der Zonula folgt. Es erscheint dann bei Flächenansichten der Zonula diese Limitans als eine glashelle Membran, welche auf ihrer glatten inneren Fläche fest mit der Zonula verlöthet ist, auf ihrer Aussenfläche aber zahlreiche netzförmig verbundene Leisten und Zacken trägt, die zwischen die pigmentlosen Zellen der inneren Schicht der Pars ciliaris retinae hineinragen (vergl. oben S. 118). Da diese pigmentlosen Zellen im Gebiet des Orbiculus noch hoch, also cylindrisch gestaltet sind, so sind auch die zackigen Fortsätze der Aussenseite der Limitans, welche zwischen jene hineinragen, von ansehnlicher Länge. Folgt die Limitans in der beschriebenen Weise der Zonula, so reisst sie häufig Theile des farblosen Cylinder-Epithels und der Pigmentlage der Pars ciliaris mit, welche dann die Oberfläche der äusseren Zone der Zonula mehr oder weniger verdecken können.

Im Gebiet der Ciliarfortsätze ist das Verhalten der Zonula zur Limitans verschieden, je nachdem es sich um den Gipfel eines Ciliarfortsatzes oder um ein zwischen zwei Fortsätzen befindliches Thal handelt. Die Gipfel der Ciliarfortsätze, welche sich in die entsprechenden Thäler der Zonula hineinsenken, sind in ganz ähnlicher Weise mit letzterer verbunden, wie die Pars ciliaris retinae und Zonula im Gebiet des Orbiculus ciliaris. Es haftet hier beim Ablösen der Zonula meist die Limitans mit der gesamten Pars ciliaris retinae an der Zonula, welche in Folge dessen den Gipfeln der Ciliarfortsätze entsprechend radiäre pigmentirte Streifen erkennen lässt (Fig. 71, c). Es ist dies auch der Grund, weshalb nach Ablösen der Zonula die Kämme der Processus ciliares gewöhnlich frei von Pigment gefunden werden. Anders gestalten sich die Verhältnisse im Gebiet der Thalsenkungen des Ciliarkörpers. Hier wird, wie oben erwähnt, die eigentliche Zonula-Lamelle durch die Kuhn t'schen Räume von der Pars ciliaris abgedrängt, während die cuticulare Limitans nach wie vor innig sich der Innenfläche der nunmehr cubischen Schicht farbloser Zellen der Pars ciliaris retinae anschmiegt, aber nur noch kurze Zäckchen zwischen jene Zellen hineinsenkend. Es finden sich also die Recessus der vorderen Augenkammer zwischen Limitans und Zonula-Lamelle. Diese Räume sind aber nicht vollständig frei. Sie werden vielmehr stellenweile sehr reducirt durch kleinere faltige Erhebungen der Innenfläche des Ciliarkörpers, gewissermassen durch niedrige Ciliarfortsätze zweiten Ranges (Plicae ciliares, s. unten), deren Gipfel sich mit den in die betreffenden Thäler vordringenden Zonulabergen in festere Verbindung setzen (Berger), sodass dadurch auf dem Aequatorialschnitt Kuhn t'sche Räume in zwei getheilt erscheinen können. Doch dies sind nicht die einzigen Verbindungen, welche eine Verkleinerung des Systems der radiären Recessus camerae posterioris zur Folge haben. Vielmehr spannen sich innerhalb dieser Räume zwischen Zonula und Limitans feine Fasern aus, die an der Zonula angelangt in die radiäre Faserung derselben übergehen (Spannfasern von Berger). Sie sind aber durchaus nicht alle als Anfänge von Zonulafasern anzusehen. Nur ein Theil derselben verbindet sich, von der Innenfläche der Limitans beginnend, der Art mit der Zonula, dass ihre Verlängerung in der Ebene der letzteren

zum Linsenrande führt. Nur diese können also allenfalls als Ursprünge von Zonulafasern betrachtet werden (Ursprungsfasern). Ein anderer Theil erhebt sich dagegen aus der Ebene der Zonula, um in der Richtung zum Linsenrande seine Fixation an der Innenfläche des Ciliarkörpers zu finden (Ansatzfasern). Es können sich beide Faserrichtungen (Ursprungsfasern und Ansatzfasern) innerhalb ein- und desselben Raumes kreuzen. Den allgemeinen Faserverlauf in der Zonula lassen aber beide Arten von Spannfasern unbeeinflusst. — Kuhnt beschreibt als Auskleidung der von ihm gefundenen Räume noch ein Endothelhäutchen. Ich habe bisher mich nicht von der Existenz eines solchen, das nach Kuhnt auch auf dem der Iris zugekehrten Theile der Ciliarfortsätze sich finden soll, überzeugen können; dagegen traf ich ab und zu Vacuolenbildung im farblosen Epithel der Pars ciliaris retinae, die möglichenfalls zur Entstehung eines ausserhalb der Limitans gelegenen Lückensystems führen kann. Der Kern der Epithelzellen war dabei nach innen, also nach der Zonulafläche gedrängt.

Der mit dem Ciliarkörper in der beschriebenen Weise verbundene Theil der Zonula ist eine geschlossene glashelle Membran, in welcher eine radiäre Streifung wahrzunehmen ist, die von der Ora serrata bis zu den Gipfeln der Ciliarfortsätze fortwährend deutlicher und reichlicher wird. Die Ursache dieser Streifung sind die Zonulafasern. Dieselben beginnen fein zugespitzt in der Ebene der Zonula an der Ora serrata, nehmen in der Richtung zu den Gipfeln der Ciliarfortsätze rasch an Zahl und Stärke zu, sodass sie am Beginn der Ciliarfortsatz-Erhebungen bereits ein dichtes Gitter bilden, zwischen dessen Fasern aber immer noch neue entstehen können. Durch Anlagerung und Verschmelzung der feinen aus den Ciliarthälern kommenden Spannfasern (s. oben) erhält die Zonula-Lamelle in der Richtung zum Linsenrande weitere Verstärkungen. Nach der Spitze der Ciliarfortsätze tritt dann unter Vereinigung einer grösseren Zahl von Fasern eine Sonderung in Bündel ein, die anfangs noch ihre Zusammensetzung aus einzelnen Zonulafasern erkennen lassen, im freien Theile der Zonula aber zu homogenen Balken verschmelzen. Im Allgemeinen entspricht je ein Bündel einem Zonulaberge, eines einem Thale. Erstere scheinen die mächtigeren zu sein. Innerhalb des ganzen verwachsenen Theiles der Zonula sind die Zonulafasern durch eine mit der Fasersubstanz identische und continuirliche glashelle Masse zu einer Membran vereinigt, sodass die Fasern eigentlich nur radiäre Verdickungen der Membran darstellen, demnach, abgesehen von den feinen Spannfasern aus der Membran selbst ihren Ursprung nehmen.

Ganz anders im freien Theile des Strahlenbändchens. Hier werden die Faserbündel frei und verlaufen in eigenthümlicher Weise zum Linsenrande, der Art, dass die aus den Ciliarthälern kommenden Faserbündel sich an der vorderen Linsenkapsel inseriren, die von den Firsten der Ciliarfortsätze sich entwickelnden dagegen zum Linsenrande und einer kleinen angrenzenden Zone der hinteren Linsenkapsel sich begeben. Es divergiren also die Faserbündel zum gesamten Linsenrande, über die vordere Fläche des Linsenrandes weiter übergreifend, als über die hintere. So entsteht an Meridionalschnitten von nicht besonderer Feinheit das Bild eines vom Gipfel der Ciliarfortsätze zum Linsenrande sich ausbreitenden dreiseitigen faserigen Bandes (Merkel), das aber von feinen radiären Spalten durchsetzt wird und ferner nicht im ganzen Umfange des Linsenrandes die ganze Breite der Insertion, wie sie auf Meridionalschnitten erscheint, einnimmt,

sondern seine Bündel abwechselnd mehr auf die vordere oder mehr zur hinteren Fläche vorschiebt. Erstere entsprechen den Ciliarthälern, letztere den Gipfeln der Ciliarfortsätze. Da nun an nicht sehr dünnen Schnitten erst beiderlei Faserbündel zusammen durch Ueberlagerung das Bild des Merkel'schen dreiseitigen Bandes gewähren, so ist es klar, dass innerhalb dieser dreiseitigen Ausstrahlung das Bild einer Kreuzung der Faserbündel (Gerlach) hervorgerufen werden muss, indem die von hinten aus den Thälern kommenden Zonulabündel zu vorderen Bestandtheilen des freien Zonulabandes werden, die von den Gipfeln der Ciliarfortsätze dagegen sich befreienden zum hinteren Theile der Zonula-Insertion sich wenden. Eine solche Kreuzung existirt demnach in der That, aber nicht der Art, dass sich die Bündel bei der Kreuzung durchflechten, sondern alternirend bald nach vorn, bald nach hinten wenden.

Es wurde bereits angedeutet, dass die Faserbündel dieses freien Theiles der Zonula nicht mehr durch eine verkittende Substanz zu einer geschlossenen Membran vereinigt werden, dass sich vielmehr zwischen ihnen feine radiär den Linsenrand umgebende Spalten befinden, durch welche die hintere Augenkammer mit dem hinter der Zonula gelegenen Canalis Petiti communicirt. Die Verschmelzung der frei gewordenen Zonulabündel mit der Linsenkapsel findet nun der Art statt, dass zunächst die gröberen Bündel sich wieder in ein Gitter feiner Fasern auflösen, die dann unter leichter Divergenz auf der Oberfläche der Linse bündelweise in die Linsenkapsel ausstrahlen und sich hier allmählig unter feiner Zuspitzung in der Substanz derselben verlieren. Dass die Fasern des freien Theiles der Zonula in der That nicht durch Substanz zu einer geschlossenen gefalteten Membran verbunden sind, sondern isolirt verlaufen, beweisen Querschnitte, an denen sie vollständig scharf abgegrenzt sind, beweist ferner der Umstand, dass sie bei der Präparation sehr leicht regellos durcheinander gerathen. Den wichtigsten Beweis liefern aber die gleich zu besprechenden Injectionen. — Was endlich die Natur der Zonulafasern betrifft, so sind sie sehr resistente Gebilde, die noch am meisten Aehnlichkeit in ihrem chemischen Verhalten mit elastischen Fasern besitzen. Ausser den beschriebenen Fasergebilden finden sich über den geschlossenen Theil der Zonula zerstreut noch Zellen, welche in allen ihren Eigenschaften den subhyaloidalen Zellen des Glaskörpers (vergl. oben S. 136) gleichen und wahrscheinlich ebenso wie letztere als ausgewanderte Leucocyten zu deuten sind.

Hinter der Zonula liegt der Canalis Petiti (Fig. 59, 15), nach hinten durch die Glaskörpergallerte, medianwärts durch den Linsenrand begrenzt. Er ist im peripheren Gebiet der Zonula nur ein capillarer spaltförmiger Raum, erweitert sich aber bereits in der Zone der Ciliarfortsätze und gewinnt seine grösste Tiefe am Linsenrande, wobei indessen nicht zu vergessen ist, dass er alternirend durch die zur hinteren Fläche des Linsenrandes verlaufenden Zonula-Bündel verengt wird. Er besitzt demnach selbstverständlich eine grössere Tiefe jedesmal unter einem Zonulaberge, eine geringere unter einem Zonulathale. Man kann diese Tiefenverhältnisse durch Einblasen von Luft in den Kanal sofort anschaulich machen, am besten an Präparaten, welche nach den oben angegebenen Methoden Linse, Zonula und Glaskörper unversehrt isolirt zeigen. Es buchtet dann die Luft die erweiterten Stellen des Kanals aus, sodass dieser eine Kette perlschnurartig aufgereihter Luftblasen einschliesst, die sich aber stets um die Breite des

freien Theiles der Zonula vom Linsenrande entfernt hält. Injectionen von Berliner Blau in den Kanal zeigen ihn noch besser in seinem ganzen Umfange. Man sieht dann, dass er mehr oder weniger weit sich noch zwischen die Peripherie der hinteren Linsenfläche und den Glaskörper hinein schiebt. Meist aber quillt bei diesen Versuchen neben dem Linsenrande die Injectionsmasse hervor, sodass es mehrerer Stiche bedarf, um den Kanal zu füllen. Ist schon aus diesem Versuche auf die Existenz feinsten Spalten im Gitter des freien Theiles der Zonulafasern zu schliessen, so wird diese Ansicht noch bestärkt durch die That-
sache, dass sich durch Einstich-Injection in die vordere Augenkammer mit Leichtigkeit der Petit'sche Kanal in seinem ganzen Umfange füllen lässt (Schwalbe). Es gelingt dies an erwärmten Augen sogar mit geschmolzenem Paraffin. Man gewinnt auf diesem Wege Paraffin-Abgüsse des Petit'schen Kanales mit den durch die Faltung der Zonula bedingten alternirenden Erweiterungen und Verengerungen des Kanals. Der Umstand, dass die Luft beim Einblasen nicht entweicht, sondern im Kanal bleibt, kann nicht gegen die Existenz von Spalten verwerthet werden. Injicirt man in die von Luft gebildete Rosenkranzfigur Berliner Blau, so bleibt die Luft im Kanal, während die Flüssigkeit leicht am Linsenrande hervortritt. Es beruht dies darauf, dass Luft überhaupt sehr schwer aus feinsten Spalträumen entweicht. Selbst in einem mehrfach angestochenen Petit'schen Kanale wird die Luft oft fest gehalten und hält sich hier sogar noch nach Einlegen in conservirende Flüssigkeit.

Merkel und Henle leugnen die Existenz eines Petit'schen Kanals. Die dreiseitig prismatische Zonula soll nach hinten an die Glaskörpersubstanz grenzen. Die positiven oben mitgetheilten Injections-Resultate zwingen aber, einen hinter der Zonula gelegenen Spaltraum anzunehmen. Um sich von seiner Existenz zu überzeugen, empfehle ich zunächst die Augen von Thieren (Schwein, Rind), in welchen der Petit'sche Kanal besonders weit, der freie Theil der Zonula dagegen verhältnissmässig dünn ist. Beim Menschen besitzt der Petit'sche Kanal eine geringere Weite; überdies ist der freie Theil der Zonula viel dicker, engt also den um den Linsenrand gelegenen Theil des Kanals stärker ein, als dies bei den genannten Thieren der Fall ist. Es kann also hier bei der Erhärtung, Einbettung und Anfertigung von Meridionalschnitten leichter dazu kommen, dass Zonula und Glaskörpersubstanz in innige Berührung gebracht werden, woraus sich Merkel's Angaben erklären dürften. Nach Kuhnt ist bei Kindern der Petit'sche Kanal nicht vorhanden, bei Erwachsenen dagegen deutlich ausgebildet. Immer aber liegt er hinter der gesammten Zonulafaserung, besitzt ein freies Lumen, ist also nicht identisch mit dem Raume, welcher von der dreiseitigen Zonula-Ausbreitung eingenommen wird und von Gerlach als Petit'scher Raum beschrieben worden ist. Mit der Annahme eines Petit'schen Kanales, der hinter der Zonula gelegen ist, erklären sich in neuester Zeit auch Ulrich und Aeby einverstanden; sie weichen von meinen Angaben nur darin ab, dass sie den Kanal für einen vollständig geschlossenen halten, eine Ansicht, gegen die ich bereits oben meine Gründe mitgetheilt habe. Hier will ich nur noch erwähnen, dass Aeby's Annahme, die Injectionsmasse liege bei meinen Injectionen von der vorderen Kammer aus nicht im Kanale selbst, sondern in dessen vorderer Wandung oder gar auf der letzteren, sich durch genaue Untersuchung derartiger injicirter Canales Petiti leicht widerlegen lässt. Aeby scheint solche Injectionspräparate überhaupt nicht erhalten zu haben. — Nach Aeby soll ferner die Hyaloidea die hintere Wand des Kanales bilden, während ich die Begrenzung hier nur durch Glaskörpergallerte bewirkt finde.

Die Zonulafasern zeigen zuweilen, wo sie zu Balken verschmolzen sind, eine eigenthümliche matte Querstreifung, deren Natur nicht genügend aufgeklärt ist. Dass die Zonulafasern aber keine Muskelgebilde sind, geht schon aus ihrem Verhalten gegen Reagentien hervor.

Merkel beschreibt ausser den radiären Zonulafasern noch circuläre. Ulrich bestätigt diese Angabe, während Gerlach dieselben wenigstens im menschlichen Auge nicht finden konnte.

Nach Berger findet sich beim siebenmonatlichen Foetus auf dem freien Theile der Zonula eine Lage epithelialer Zellen, beim neugeborenen Kinde dagegen nur noch einzelne Gruppen solcher Zellen.

II. Aeussere Hüllen des Sehbechers (Augenkapsel).

Man unterscheidet deren zwei als sog. äussere und mittlere Augenhaut. Erstere entspricht der Dura mater (*Pachymeninx ophthalmencephali*), letztere der Arachnoides und Pia zusammengekommen (*Leptomeninx ophthalmencephali*). Erstere (Fig. 72, 3 u. 5) ist fibrös und kann deshalb als fibröse Augenhaut bezeichnet werden, letztere (Fig. 72, 6, 7, 8) ist durch ihren Gefäss- und Pigment-Reichthum ausgezeichnet (Gefässhaut, *Tunica vasculosa*, Uvea).

1) Die fibröse Augenhaut, *Tunica fibrosa*

(Faserhaut des Auges, *Capsula fibrosa*, äussere Augenhaut, *Dura oculi*, *Pachymeninx ophthalmencephali*).

Sie zerfällt, wie schon in der Einleitung hervorgehoben wurde, in einen kleineren durchsichtigen vorderen Abschnitt von stärkerer Krümmung, die Cornea oder Hornhaut (Fig. 72, 5), und in einen weissen undurchsichtigen grösseren hinteren Abschnitt, die Sclerotica oder Sclera (Fig. 72, 3).

A. Die Cornea, Hornhaut.

Wie ein Uhrglas von stärkerer Krümmung legt sich die durchsichtige klare Hornhaut mit ihrem Rande (*Limbus corneae*) rings an den vorderen Rand des vorn offenen von der Sclera gebildeten grösseren Kugelabschnittes an und verschmilzt mit ihm der Art, dass ihr Gewebe unter Schwinden der Transparenz continuirlich in das Gewebe der Sclerotica übergeht. Diese Umwandlung durchsichtigen Hornhautgewebes in undurchsichtiges Scleralgewebe findet, wie Meridionalschnitte ergeben, nicht in allen Schichten der äusseren Augenhaut in gleichem Abstände vom Hornhaut-Mittelpunkte statt; vielmehr zeigen die äusseren Schichten der Hornhaut früher den Scleral-Charakter, als die inneren; es greift also aussen die Sclera über Cornealgewebe über; zuweilen schieben sich auch innen Scleralschichten vor; dann erscheint der Rand der Hornhaut, welcher überdies in seinen oberflächlichen Schichten continuirlich in die Conjunctiva übergeht (vergl. Fig. 72, 4 u. 5), in den der Sclerotica eingefalzt (Cornealfalz). Man hat aber nie zu vergessen, dass bei allen Variationen der Umwandlungszone die Continuität der Corneal- und Scleralfaserung nirgends unterbrochen ist. Während nun die innere Verbindungslinie der Hornhaut mit der Sclera einer Kreislinie entspricht, weil der Uebergang des undurchsichtigen Scleralgewebes in das durchsichtige Hornhautgewebe im ganzen Umfange in gleichem Abstände vom Mittelpunkte der Hornhaut erfolgt, bildet die äussere Verbindungslinie beider continuirlich in einander übergehender Membranen eine quer gestellte Ellipse, weil oben und unten das Scleralgewebe weiter nach dem Centrum der Cornea vordringt, als lateral und medial. Der grösste horizontale Durchmesser dieser Ellipse misst 11,9 mm (Mittel aus den Messungen von Helmholtz und Knapp), der vertikale dagegen nur etwa 11,0 mm. Die Hornhautbasis, welche durch diese Durchmesser bezeichnet wird, ist 2,68 mm vom Scheitel der Hornhaut entfernt (= Hornhauthöhe nach Helmholtz und Knapp). — Die Krümmung der äusseren Oberfläche der Hornhaut ist nach Helmholtz

Fig. 72.

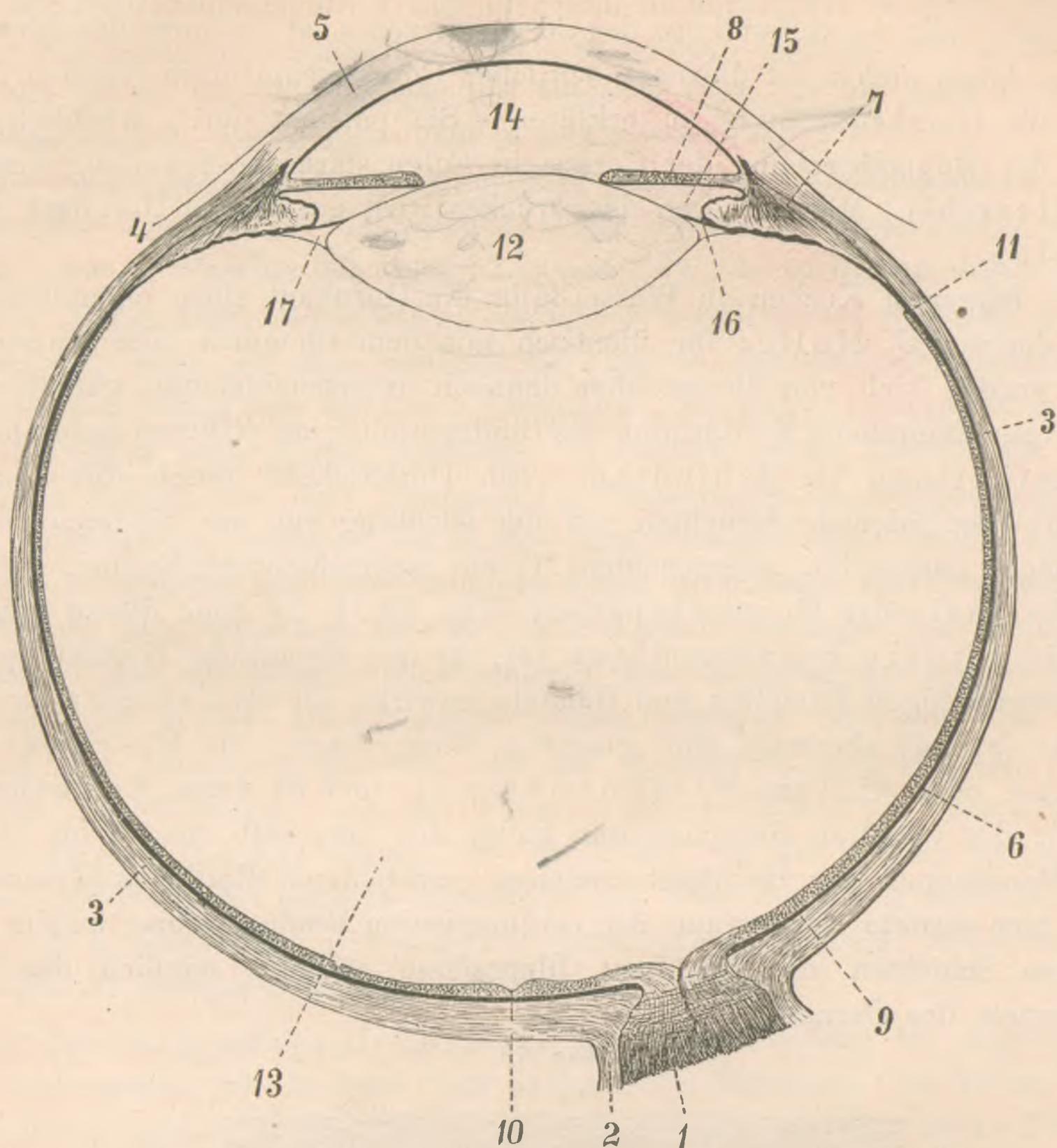


Fig. 72. Horizontalschnitt durch den Augapfel. Mit geringen Modificationen nach Merkel.

1, N. opticus; 2, dessen Duralscheide, in die Sclera übergehend; 3, Sclerotica; 4, Conjunctiva sclerae; 5, Cornea; 6, Chorioides; 7, Ciliarkörper mit den nach innen vorragenden, der Zonula (16) aufliegenden Ciliarfortsätzen; 8, Iris; 9, Retina; 10, deren Fovea centralis; 11, Ora serrata retinae; 12, Linse; 13, Glaskörper; 14, vordere Augenkammer; 15, hintere Augenkammer; 16, Zonula ciliaris; 17) Petit'scher Kanal.

und Knapp elliptisch; im horizontalen Meridian ist die Cornea nach Donders ein wenig schwächer gekrümmt (Krümmungsradius 7,8 mm) als im vertikalen (Krümmungsradius 7,7 mm). Die Krümmungsverhältnisse der hinteren Oberfläche der Hornhaut sind nicht genau bekannt. Dass die Krümmung eine etwas stärkere sein muss, als die der vorderen Fläche, folgt aus der Thatsache, dass die Dicke der Cornea im Centrum geringer ist, als am Rande. Während sie hier bis 1,1 mm dick ist, sinkt dieser Werth nach dem Centrum der Hornhaut auf 0,8 mm herab. Das Gewicht der Hornhaut beträgt nach Huschke 180 milligramm.

Die Hornhaut ist im Leben glashell durchsichtig. Nach dem Tode trübt sie sich allmählig und zwar zunächst in Folge der Quellung durch Aufnahme von Kammerwasser, das während des Lebens zurückgehalten wird (s. unten). Der Brechungsexponent der Hornhautsubstanz ist nach W. Krause 1,3525. Da sie, wie wir sehen werden, zahlreiche Bindegewebsfibrillen enthält, so ist sie, wie diese, doppeltlichtbrechend. Ausgezeichnet ist das Hornhautgewebe gegenüber dem fibrösen Gewebe der Sclera durch seine starke Quellung in Wasser.

Es beruht dies auf der Quellbarkeit der Fibrillen der Hornhaut (Leber, Ranvier). Mit der Schwellung des Cornealgewebes ist Trübung desselben verbunden. Ganz anders ist die nach seitlicher Compression eines frischen Bulbus auftretende Hornhauttrübung zu erklären. Sie entsteht durch erhebliche Steigerung der Doppelbrechung der Cornea in Folge stärkerer Spannung ihrer Fasern (Fleischl). Mit Aufhören des Druckes wird die frische Hornhaut wieder durchsichtig.

Bei längerem Kochen in Wasser gibt die Hornhaut einen eigenthümlichen Leim, der von J. Müller für identisch mit dem Chondrin oder Knorpelleim erklärt wurde, sich von diesem aber dennoch unterscheidet und wahrscheinlich als eine eigenthümliche Modification des Bindegewebsleims (Glutin) anzusehen ist.

Eintheilung in Schichten. Ein Durchschnitt durch die Hornhaut (Fig. 73) lässt folgende Schichten, in der Richtung von der vorderen zur hinteren Fläche aufgezählt, unterscheiden: 1) ein mehrschichtiges Epithel, das vordere Epithel oder Cornealepithel (Fig. 73, 1), 2) eine dünne glashelle Lage, die vordere Basalmembran (2), 3) das eigentliche Hornhautgewebe, aus bindegewebigen Lamellen und Bündeln gewirkt, die Substantia propria corneae (3), 4) abermals eine glashelle dünne Lage, die Descemet'sche Membran oder hintere Basalmembran (4) und 5) deren Endothel (5). An Stelle der vorderen Basalmembran findet sich innerhalb eines 1 bis 1½ mm breiten Randsaumes der Hornhaut zwischen geschichtetem Epithel und Substantia propria eine direkte Fortsetzung des conjunctivalen Bindegewebes, welche allein von allen Schichten der Hornhaut Blutgefässe enthält, nämlich das Randschlingennetz der Cornea.

Fig. 73.

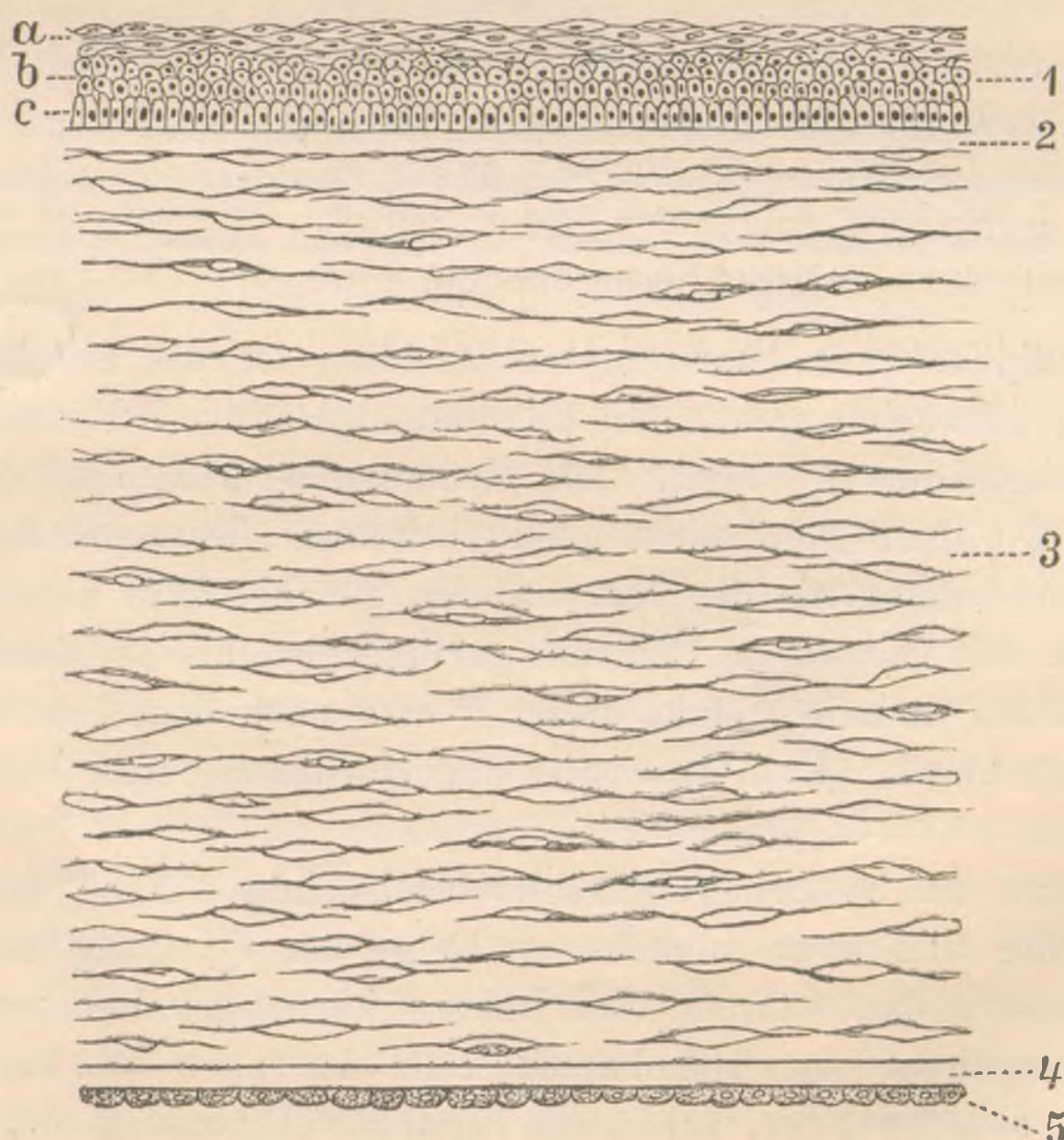


Fig. 73. Durchschnitt durch die Hornhaut.

1, Vorderes Epithel; a, flache oberflächliche Zellen; b, polyedrische Zellen; c, basale Lage cylindrischer Zellen; 2, vordere Basalmembran; 3, Substantia propria; 4, Descemet'sche Membran; 5, Endothel der letzteren.

Entwicklungsgeschichtlich und vergleichend anatomisch lässt sich begründen, dass dieser Schichtencomplex auf zwei verschiedene Quellen zurückzuführen ist, nämlich: 1) auf eine Fortsetzung der äusseren Haut, 2) auf einen Bestandtheil der Augenkapsel, der äusseren Hüllen des Sehbechers.

1) Die Fortsetzung der äusseren Haut gelangt von der Innenfläche der Lid-falten unter dem Namen *Conjunctiva* auf die vordere freie Fläche des Augapfels. Soweit dieselbe die Sclera bedeckt, ist sie leicht von dem compacten Gewebe der letzteren abzugrenzen; am Rande der Hornhaut angelangt verwächst sie dagegen innig mit dem ungleich mächtigeren Augenkapsel-Bestandtheil der letzteren und bildet nun die *Pars cutanea* oder *conjunctivalis corneae*. Von den oben aufgezählten Schichten der Cornea gehört hierher nur das geschichtete Epithel als eine continuirliche Fortsetzung des Conjunctivalepithels, sowie das Gewebe, welches die Gefässe des Cornealrandes (Randschlingen der Hornhaut) begleitet und der bindegewebigen Grundlage der *Conjunctiva* entspricht. In dem grösseren centralen Theile fehlt demnach der Hornhaut des Menschen (und der höheren Wirbelthiere) der bindegewebige Antheil der *Conjunctiva*. Die vordere Basalmembran gehört dagegen nicht zur *Pars cutanea*, sondern zur *Substantia propria*, also zur eigentlichen Augenkapsel. Nur bei niederen Wirbelthieren, wie bei vielen Fischen (Emery), besonders aber bei *Petromyzon* (Langerhans, W. Müller), ist der cutane (conjunctivale) Antheil der Hornhaut mächtig entwickelt und kann sogar bei manchen Fischen (Emery) in eine festere conjunctivale (*Stratum conjunctivale*) und lockere subconjunctivale Schicht (*Stratum intermedium*) zerfallen.

2) Der Augenkapsel-Bestandtheil der Hornhaut ist ungleich mächtiger und umfasst alle übrigen oben aufgezählten Schichten. Im frühen embryonalen Leben reicht das Gewebe der Augenkapsel bis an die vordere Fläche der Linse und differenzirt sich vor dieser in eine dickere äussere compacte gefässlose und in eine dünne innere lockere gefässhaltige Schicht. Erstere ist eine Fortsetzung der fibrösen Augenhaut, der Sclera, letztere der Gefässhaut des Auges. Innerhalb des Gebietes dieser entsteht nun vor der Linse eine der Hornhautfläche parallele Spalte, die vordere Augenkammer, der Art, dass eine dünne gefässlose Lage der hinteren Fläche der nunmehr abgehobenen Cornea sich innig anlegt, während die gefässhaltige Schicht der vorderen Fläche der Linse während des embryonalen Lebens als *Membrana pupillaris* erhalten bleibt. Der Hornhaut wird somit ein, wenn auch dünner, uvealer Bestandtheil, eine *Pars uvealis* (s. *chorioidalis*) hinzugefügt, welche zunächst nur aus dem Endothel der *Descemet'schen* Membran besteht, das dann als eine Art Cuticularmembran die homogene *Membrana Descemetii* ausscheidet. Der grössere Rest des Augenkapsel-Antheils der Hornhaut, nämlich die vordere Basalmembran und die dicke *Substantia propria*, repräsentiren eine Fortsetzung der Sclera, eine *Pars scleralis corneae*.

I. Pars conjunctivalis s. cutanea corneae.

1. Das vordere Epithel der Hornhaut (Cornealepithel).

Das vordere Epithel der Hornhaut (Fig. 73, 1; Fig. 74) ist mehrschichtig. Beim Menschen unterscheidet man in den centralen Gebieten der Hornhaut sechs bis acht auf einander geschichtete Lagen von Zellen, welche zusammen eine Dicke

von 45 μ besitzen. Am Rande der Hornhaut steigt die Dicke des Epithels bis auf 81 μ . Die Gestalt der Epithelzellen ist in den einzelnen Lagen verschieden, der Art, dass man drei verschiedene Formzustände unterscheiden kann. a) Unmittelbar auf der vorderen Basalmembran sitzt eine einfache Lage cylindrischer Zellen (Fig. 73, 1 c; 74, a). Jede derselben zeigt ihr nach aussen gerichtetes Ende (Kopf) abgerundet, während ihre Basis scharf abgeschnitten und mit einem schmalen glänzenden leicht gestreiften Saume (Fussplatte von Rollett und Lott) versehen erscheint, der mit feinen Zähnen in die Basalmembran eingreift (Langerhans).

Fig. 74.

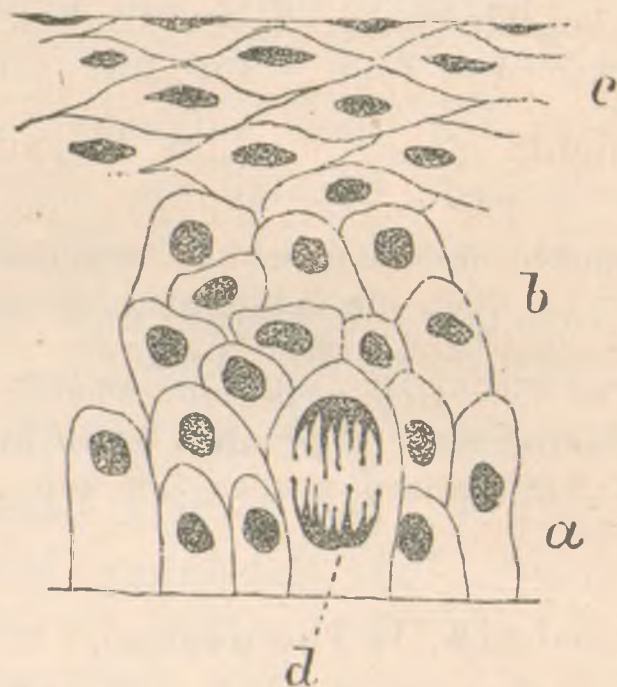


Fig. 74. Durchschnitt durch das Hornhautepithel des Kalbes. Nach Vossius.

a, cylindrische Basalzellen; b, polyedrische Zellen; c, flache oberflächliche Zellen; d, Cylinderzelle in Theilung.

Der kuglige oder ellipsoidische Kern liegt im Kopftheil der Zelle. Nicht alle Cylinderzellen sind gleich hoch oder gleich breit. Vielmehr ragen die Köpfe der neben einander pallisadenförmig aufgestellten Cylinderzellen verschieden weit vor, sodass lange schmale Zellen zwischen kürzere breite eingestreut sind. Erstere zeigen häufig in ihrer Mitte Einschnürungen, welche das kernlose Basalstück von dem kernhaltigen Kopfe stärker sondern. Nach Lott sollen sich auch vollständig abgeschnürte Basalstücke vorfinden, eine Angabe, die von Vossius bestritten wird. b) Auf die Cylinderzellen folgen nach aussen mehrere (3—4) Schichten kleiner polyedrischer Zellen (Fig. 73, 1 b; 74 b), deren Oberfläche mit feinen Spitzen oder Stacheln dicht besetzt ist; sie gehören also zu den sog. Stachelzellen. Ihre tiefste Lage schmiegt sich so innig den Köpfen der Cylinderzellen an, dass die letzteren auf der inneren Oberfläche ersterer von mehr oder weniger tiefen Nischen aufgenommen werden; als Begrenzung dieser Nischen schieben sich hautartige Fortsätze der betreffenden Zellen zwischen die Köpfe der Cylinderzellen hinein. Man hat deshalb diese tiefsten Zellen der mittleren Lage auch wohl als „Flügelzellen“ bezeichnet. c) Die oberflächlichen Lagen des Cornealepithels (2 bis 3) werden durch stark abgeplattete schüppchenartige Zellen (Fig. 73, 1 a; 74 c) gebildet, die aber stets nicht verhornt und kernhaltig gefunden werden, wenn auch der Kern nur in geringerem Masse tingirbar ist, als der der tieferen Zellen. Ihre Flächendurchmesser nehmen von innen nach aussen in dem Maasse an Grösse zu, als die Dickendurchmesser abnehmen. Zwischen ihnen und den Zellen der vorhergehenden Lage finden demnach allmähliche Uebergänge statt.

Die Hornhautepithelien werden durch eine weiche Kittsubstanz unter einander vereinigt. Innerhalb dieser stossen die Spitzen der feinen Stacheln benachbarter Zellen aufeinander, sodass ein verhältnissmässig breiter Kittsaum zwischen je zwei Zellen sich findet. Durch Einstichsinjection (von Terpentinöl, Tinte) in die oberflächlichen Schichten frischer Corneae gelingt es, die Injections- masse in die Kittsubstanzbahnen zwischen den Epithelzellen zu treiben (Leber, Raehlmann); die Masse dringt an einzelnen Stellen selbst ins Innere der

Epithelzellen ein. Innerhalb der Kittsubstanz finden sich öfter einzelne Wanderzellen (Engelmann), deren Gestalt sich den räumlichen Verhältnissen der Zwischenräume zwischen den einzelnen Epithelzellen anpasst.

Die Regeneration des an seiner Oberfläche sich abschuppenden Cornealepithels wird durch Theilung der Cylinderzellen der tiefsten Lage vermittelt (Rollett, Lott). Dieselben theilen sich, nachdem ihr Kern die ganze Reihe karyokinetischer Figuren (Knäuelform, Sternform etc.) durchlaufen hat (Fig. 74, d) und in zwei zerfallen ist (Vossius). Eine der Theilzellen rückt jedenfalls in die nächstfolgende Lage und wird unter Anpassung an die räumlichen Verhältnisse zur Flügelzelle. Kernlose Theilstücke (Rudimentzellen von Lott) finden sich nicht; stets geht eine Kerntheilung der Zelltheilung voraus.

Die von W. Krause aus dem Cornealepithel beschriebenen „granulirten Körperchen“ sind Anfangsstadien karyokinetischer Figuren.

Auch die Ausfüllung künstlich erzeugter Epithel-Defecte findet vom erhalten gebliebenen Epithel aus statt (Wadsworth und Eberth, Hoffmann, Heiberg gegen Arnold). Die den Defect begrenzenden Zellen treiben Fortsätze, Sprossen, theilen sich schliesslich. Karyokinetische Figuren treten auch hier auf, sind aber nicht in den den Rand begrenzenden Zellen gesehen worden, sondern in den tiefen Schichten bereits regenerirten Epithels (Eberth, Maysel).

1a) Das gefässhaltige Gewebe der Randzone der Hornhaut;
s. unten Gefässe der Hornhaut.

II. *Pars scleralis corneae.*

2) Die vordere Basalmembran (Lamina elastica anterior, vordere Grenzschrift [Reichert], Reichert'sche Lamelle, subepitheliale Schicht [Arnold]) (Fig. 73, 2) bildet unmittelbar unter dem Epithel eine glashelle strukturlöse Lage von 19 bis 20 μ Dicke in der Mitte der Hornhaut. Nach dem Rande derselben nimmt sie allmählig an Dicke ab und endigt bereits in 1 bis 1½ mm Entfernung vom Rande, da wo das Gebiet der Randgefässe der Hornhaut (s. unten) beginnt. Die tiefste Lage der Epithelzellen scheint sich mit feinen Zäckchen in ihre Oberfläche einzusenken. Dennoch ist die vordere Basalmembran vom Epithel leichter zu trennen, als vom unterliegenden Stroma der Cornea. Bei schwächerer Vergrösserung erscheint sie allerdings auch von diesem auf Durchschnitten meist scharf abgegrenzt; bei genauerer Untersuchung ergibt sich jedoch eine innigere Verbindung beider. Dem entsprechend vermochte auch Rollett mit Hülfe von übermangansaurem Kali einen Aufbau der vorderen Basalmembran aus feinen Fibrillen nachzuweisen. Durch längeres Kochen, sowie durch längere Behandlung mit Mineralsäuren ist die vordere Basalmembran in Lösung zu bringen (His). Ueberhaupt verhält sie sich im Allgemeinen wie eine stark verdichtete zellenfreie Stromalage, unterscheidet sich jedenfalls von elastischem Gewebe. Durchsetzt wird die vordere Basalmembran von den feinen aus der Substantia propria zum Epithel emporsteigenden Nervenfasern (s. unten). An Hornhäuten, die in Folge glaucomatöser Erkrankung des Auges ödematös geworden, sind diese feinen Nervenkanälchen (Nervenzellen [Engelmann]) auch ohne Anwendung von Goldchlorid zu sehen (Fuchs).

Dass die Existenz der vorderen Basalmembran mehrfach in Abrede gestellt worden ist, beruht auf ihrem sehr verschiedenen Verhalten bei verschiedenen Thieren. Denn während sie beim Menschen, Kaninchen, Meerschweinchen und den meisten Wiederkäuern gut entwickelt erscheint, wird sie beim Pferd, Ziege, Hund und Katze vermisst (His). Bei Vögeln ist sie stark entwickelt, beim Frosch dagegen sehr gering ausgebildet.

Beim Rochen ist die vordere Basalmembran sehr dick (Ranvier) und steht durch vertikal die Substantia propria durchsetzende sehr resistente Fasern (fibres suturales) mit der Desmet'schen Membran in Verbindung. Ranvier glaubt dies Schema auch in der menschlichen Hornhaut wieder zu finden und vergleicht die fibres suturales den Ring- und Spiralfasern der Bindegewebsbündel; die vordere Basalmembran müsse angesehen werden „als ein Aequivalent der Ring- und Spiralfasern und der Hülle der Bindegewebsbündel“.

3) Substantia propria corneae (Stroma, Grundsubstanz der Hornhaut) (Fig. 73, 3).

Die im Leben vollkommen klare durchsichtige Substantia propria der Hornhaut besteht aus einer fibrillären Grundsubstanz und aus eigenthümlichen Zellen, die in bestimmter Weise in jene Grundsubstanz eingelagert sind und selbst wieder in inniger Beziehung zu einem reichlich entwickelten die Grundsubstanz durchziehenden Saftkanalsysteme stehen.

Fibrillen, Bündel, Lamellen.

Im frischen Zustande erscheint die Grundsubstanz homogen. Der Nachweis, dass sie fibrillär ist, lässt sich aber auf verschiedene Weise führen, durch Behandlung mit übermangansaurem Kali (Rollett), mit Ueberosmiumsäure-Dämpfen, durch Maceration in zehnpromcentiger Kochsalzlösung (Schweigger-Seidel). Die leimgebenden Fibrillen sind durch Kittsubstanz zu abgeplatteten Bindegewebsbündeln vereinigt, welche im Allgemeinen parallel der Oberfläche der Hornhaut verlaufen. In der Hornhaut niederer Wirbelthiere (z. B. Frosch) treten die abgeplatteten Fibrillenbündel dadurch, dass sie sich je in einer der Cornea-Oberfläche parallelen Ebene neben einander lagern, zu Lamellen zusammen. Dem entsprechend erscheinen auf Durchschnitten einer getrockneten Hornhaut, welche zuvor in Wasser geschwellt und leicht angesäuert oder mit saurem Karmin gefärbt sind, 18 bis 25 auf einander geschichtete Lamellen, durch dunkle, von Strecke zu Strecke kernhaltige Linien von einander getrennt. Diese trennenden Linien werden unten ihre Erklärung finden. Die Lamellen selbst zeigen sich an Durchschnitten von Osmiumsäurepräparaten oder nach Erhärten in Müller'scher Flüssigkeit mit wechselnder Fibrillenrichtung. Die einen erscheinen in der Schnittebene gestreift, die anderen, mit den ersteren alternirend, fein punktirt. Erstere zeigen also ganze Fibrillen, letztere ihre Querschnitte. Dasselbe lässt sich auch bei Untersuchung in polarisirtem Lichte schön demonstrieren: bei gekreuzten Nikols leuchten die gestreiften Lamellen hell auf im dunkeln Gesichtsfeld, während die punktirten dunkel erscheinen. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass in Nachbar-Lamellen die Richtung der Fibrillen senkrecht zu einander steht. Etwas zu modificiren ist dies Schema dahin, dass die Fibrillen der dritten Lamelle nicht genau parallel der ersten, der vierten nicht genau parallel der zweiten sind, sondern vielmehr unter einem Winkel von etwa $12\frac{1}{2}^{\circ}$ von diesem Parallelismus nach rechts abweichen. Dieselbe Abweichung zeigt jede zweite der folgenden Lamellen, sodass die Fibrillenrichtung von der vorderen zur hinteren Fläche der Hornhaut allmählig eine Drehung durchmacht, welche etwa einen rechten Winkel beträgt (Fuchs). Die einzelnen Lamellen scheinen nur in geringem Grade durch Bündelaustausch unter einander zusammenzuhängen.

Wenn nun auch die Frosch-Cornea eine wirklich lamelläre Textur deutlich erkennen lässt, so darf man doch dies einfache Schema nicht ohne Weiteres auf

die Hornhaut der Säugethiere und des Menschen übertragen. Auch hier treten allerdings die Fibrillen zunächst zu abgeplatteten Bündeln zusammen; es können wohl auch mehrere der letzteren sich in einer Ebene neben einander lagern, aber nie bilden sie vollständige die ganze Fläche der Cornea einnehmende auf einander geschichtete Lamellen, sondern verflechten sich vielmehr in der mannigfachsten Weise unter allerdings sehr spitzen Winkeln (Fig. 73), der Art, dass man die einzelnen Fibrillenbündel, sehr spitzwinklig zur Oberfläche der Cornea gerichtet, von höheren zu tieferen Ebenen verfolgen kann. Auch hier nimmt man gestreifte längsgetroffene und punktirte quergeschnittene Bündel wahr; ein regelmässiges Alterniren findet sich aber bei der reichlichen Durchflechtung der Bündel nicht; überdies sind schräggetroffene Bündel ebenfalls vorhanden, sodass demnach die einzelnen Bündel in den verschiedenen der Cornea-Oberfläche parallelen Ebenen in den allerverschiedensten Richtungen verlaufen können. Die Dicke der einzelnen Bindegewebsbündel, die man gewöhnlich auch hier als Lamellen bezeichnet, auf Schnitten senkrecht zur Oberfläche der Hornhaut beträgt 8—10 μ ; 60 bis 65 solcher Bündel finden auf einander gelagert in dem Raume zwischen vorderer Basalmembran und Descemet'scher Membran Platz. Von der eben beschriebenen Anordnung der Bindegewebsbündel weichen die vorderen an die vordere Basalmembran grenzenden Lagen der Substantia propria in eigenthümlicher Weise ab. Hier sind nämlich die Fibrillenbündel feiner und werden schräg oder zuweilen nahezu senkrecht zur Oberfläche der Hornhaut von anderen feinen sich theilenden Bündeln durchsetzt (Stützfasern von Bowman, *fibrae arcuatae*) wie besonders schön an Schnitten durch getrocknete Hornhäute nach Behandlung derselben mit dünner Essigsäure gesehen wird. Es treten dann die Bündelgrenzen scharf hervor. Ueberhaupt ist hier die oben beschriebene Bündelanordnung vielfach gestört, eine innigere Verflechtung allgemein. Die *Fibrae arcuatae* gehen schliesslich in die vordere Basalmembran über, wobei ihre Fibrillirung unsichtbar wird.

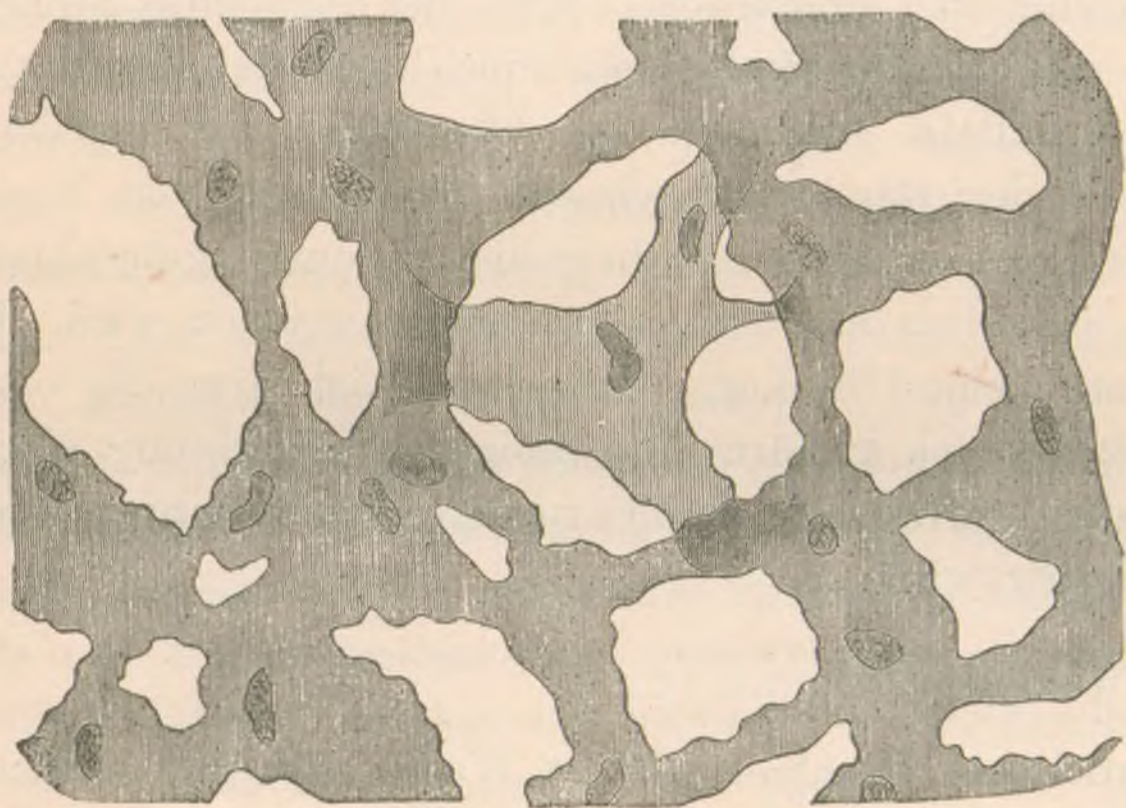
Zellen und Saftbahnen der Hornhaut.

An Schnitten durch getrocknete Hornhaut, die in Wasser erweicht und mit verdünnter Essigsäure oder Pikrokarmine behandelt sind, erkennt man in den einfacher gebauten lamellären Hornhäuten z. B. beim Frosch zwischen je zwei Lamellen, also ebenfalls parallel der Oberfläche, eine dunkle hie und da zackige Linie, in welche von Strecke zu Strecke ein Kern eingelagert erscheint. Wo der Bau der Hornhaut durch Bündelverflechtung complicirter wird, wie bei Säugethieren und beim Menschen, sind diese Linien nicht mehr auf weite Strecken durchgreifend, sondern vielfach in Folge der Bündel-Verschränkung unterbrochen. Zieht man an einem solchen Schnitte mittelst Präparirnadeln die Lamellen bzw. die verflochtenen Bündel in der Richtung senkrecht zur Hornhaut-Oberfläche aus einander, so treten entsprechend den dunklen Linien vielfach Lücken, Spalträume auf, deren einer Seite die erwähnten Kerne anliegen (Fig. 73). Die Kerne deuten mit Sicherheit an, dass hier Zellen vorhanden sind. Eine weitere Frage ist die nach der Natur dieser Zellen, nach ihrem Verhalten zu den Lamellen bzw. Bindegewebsbündeln, sowie zu dem erwähnten scheinbar erst durch Auseinanderzerren des Stromas erzeugtem Lückensystem. Diese Fragen sind trotz zahlreicher darauf bezüglicher Untersuchungen in der verschiedensten Weise

beantwortet worden. Ihre Beantwortung fällt je nach dem Standpunkt des Forschers zur allgemeinen Bindegewebsfrage verschieden aus. Im Folgenden versuche ich es, die vielen einzelnen Beobachtungen über die Textur der Substantia propria corneae zu einem übersichtlichen Bilde zusammenzufassen.

Die Existenz eines Lückensystems, eines Systemes von Saftbahnen (Saftkanälchen) in der Substantia propria corneae ist auf verschiedenen Wegen zu erweisen: 1) Durch Einstich-Injection. Durch Einstich-Injection von Luft, öligen Massen (besonders empfehlenswerth Alkannin-Terpentin) oder Berliner Blau in die Substantia propria corneae gelingt es beim Menschen und verschiedenen Säugethieren (Hund, Katze, Meerschweinchen) leicht ein zusammenhängendes System von feinen netzförmig verbundenen Kanälen mit sternförmig oder plattenförmig erweiterten Knotenpunkten (Saftlücken) zu injiciren (Fig. 75). Zahlreiche Etagen dieses Kanalsystems liegen bei den genannten Thieren übereinander. Sie entsprechen, wie Dickenschnitte ergeben, den kernhaltigen Zwischenräumen zwischen den Lamellen bzw. Bündeln, sind also interlamelläre bzw. interfasciculäre Bindegewebspalten. Da nun die Bündel oder Lamellen sich

Fig. 75.



bei den genannten Thieren vielfach verflechten, so müssen dies auch ihre Interstitien, welche den Saftbahnen entsprechen, thun. Es folgt daraus, dass die einzelnen Etagen der injicirten Räume vielfach unter einander in Communication stehen.

Fig. 75. Saftbahnen der Hornhaut des Kaninchens, injicirt. Kerne der Hornhautzellen in den erweiterten sternförmigen Saftlücken. Nach C. Fr. Müller.

2) Durch Imprägnation der Hornhaut mit Argentum nitricum (v. Recklinghausen). Es erscheint nach dieser Methode, am besten nach direktem Betupfen der Hornhaut mit dem Höllenstein-Stifte, auf braunem Grunde

Fig. 76.



Fig. 76. Aus einer mit Argentum nitricum behandelten Hornhaut des Hundes. Nach Schweigger-Seidel.

Man erkennt die weissen Saftbahnen auf dunklem Grunde (negative Silberbilder). Bei a, a, schwarze Silberlinien, welche eine weisse Saftlücke in einzelne Endothelfelder theilen.

ein Netzwerk weisser Bahnen mit erweiterten Knotenpunkten, das dem durch Einstich injicirten Netze von Saftlücken durchaus ähnlich ist und sich nur durch die geringeren Kaliber der weissen Figuren davon unterscheidet (Fig. 76). Man erklärt

das Entstehen der weissen Figuren auf braunem Grunde, der sog. negativen Silberbilder, gewöhnlich so, dass sich die an eiweisshaltiger Kittsubstanz reiche Grundsubstanz der Hornhaut unter Bildung von Silberalbuminat auf Einwirkung von Licht bräune, die mit Flüssigkeit erfüllten Lücken im Gewebe aber, also die Saftbahnen, ungefärbt bleiben. Die weissen Bahnen würden also dem Systeme der Saftkanälchen entsprechen. Für diese Auffassung spricht unter anderen, dass nach Einlegen versilberter Corneae in den Rückenlymphsack lebender Frösche die eingewanderten Leucocyten der letzteren den weissen Bahnen folgen (G e n e r s i c h). Dass die injicirten Kanälchen weiter sind, als die weissen Strassen der Silber-Präparate, kann uns nicht wundern, wenn wir bedenken, dass bei Injection in ein Kanalsystem dasselbe nothwendiger Weise dilatirt wird. — Aehnliche Imprägnationen, weisse Saftkanälchen-Silhouetten auf gefärbtem homogenem Grunde erzielte Leber nach dem Vorgange v. Wittich's und v. Recklinghausen's durch Einwirkung anderer Metallsalze, z. B. weisse Netze auf blauem Grunde durch successive Behandlung frischer Corneae mit Eisenoxydullösung und Ferridcyankalium.

3) Ferner gelingt es an der frischen in der feuchten Kammer untersuchten Hornhaut helle sternförmige durch feinere helle Brücken netzförmig unter einander verbundene Figuren auftreten zu sehen, die sog. Hornhautkörperchen, welche ganz den mittelst der Injection oder Silber-Imprägnation dargestellten Figuren gleichen (W a l d e y e r). Beim längeren Liegen des Präparates trüben sie sich mehr und mehr durch Auftreten feinkörniger Massen. In wie weit letztere mit den Zellen der Hornhaut zu thun hat, wird unten beschrieben werden.

4) Auch durch Imprägnation mit Olivenöl und nachfolgende Färbung mit Osmiumsäure erhält man schöne Präparate des intensiv mit schwarzer Oelmasse gefüllten Saftbahnnetzes. Durch Corrosion kann dasselbe auf grössere Strecken isolirt werden (A l t m a n n).

Die Weite der als Saftlücken der Hornhaut bezeichneten Räume ist nicht an allen Stellen die gleiche: die kleinsten und zugleich am dichtesten angeordneten finden sich in den vorderen der Lamina elastica anterior benachbarten Schichten, die grössten in der Nähe der Descemet'schen Membran.

Die Frage, ob die Saftkanälchen der Cornea eine eigene Membran besitzen, fällt mit der nach der Natur der Hornhautzellen und ihren Beziehungen zu den Saftkanälchen zusammen. Dass die unmittelbare Umgrenzung dieses Kanälchensystems, wenigstens streckenweise, resistenter ist als das Bindegewebe der Bündel und Lamellen, geht aus der Möglichkeit hervor, sternförmige Körperchen aus der Hornhaut durch Maceration derselben in Säuren zu isoliren (H i s, L e b e r). Solche sternförmigen Hornhautkörperchen sind nichts Anderes, als die erweiterten Knotenpunkte des Saftkanälchennetzes (Saftlücken). Wie wir sehen werden, liegen die eigentlichen Hornhautzellen einer Seite ihrer Wandung an; sie verhalten sich also zu den Hornhautkörperchen, wie die Knochenzellen zu den Knochenkörperchen. Letztere sowohl, wie die Hornhautkörperchen sind Theile eines feinen Saftbahnsystems, dessen Isolation dadurch ermöglicht wird, dass ihre unmittelbare Begrenzung den Charakter einer sehr resistenten den elastischen Substanzen verwandten Schicht angenommen hat, welche der Einwirkung von Säuren widersteht. Dass diese Schicht aber nicht einen vollständigen

Abschluss der Saftkanäle gegen das fibrilläre Bindegewebe bewirken kann, geht aus der Thatsache hervor, dass bei länger fortgesetzten Injectionen des Saftkanalsystems die Injectionsmasse streckenweise leicht in die interfibrilläre Kittsubstanz eindringt.

Der Inhalt des Saftkanalsystems besteht 1) aus einer klaren Flüssigkeit, 2) aus zwei Arten von Zellen, nämlich a) den Hornhautzellen, welche den fixen Zellen des Bindegewebes entsprechen, und b) aus Leucocyten oder Wanderzellen.

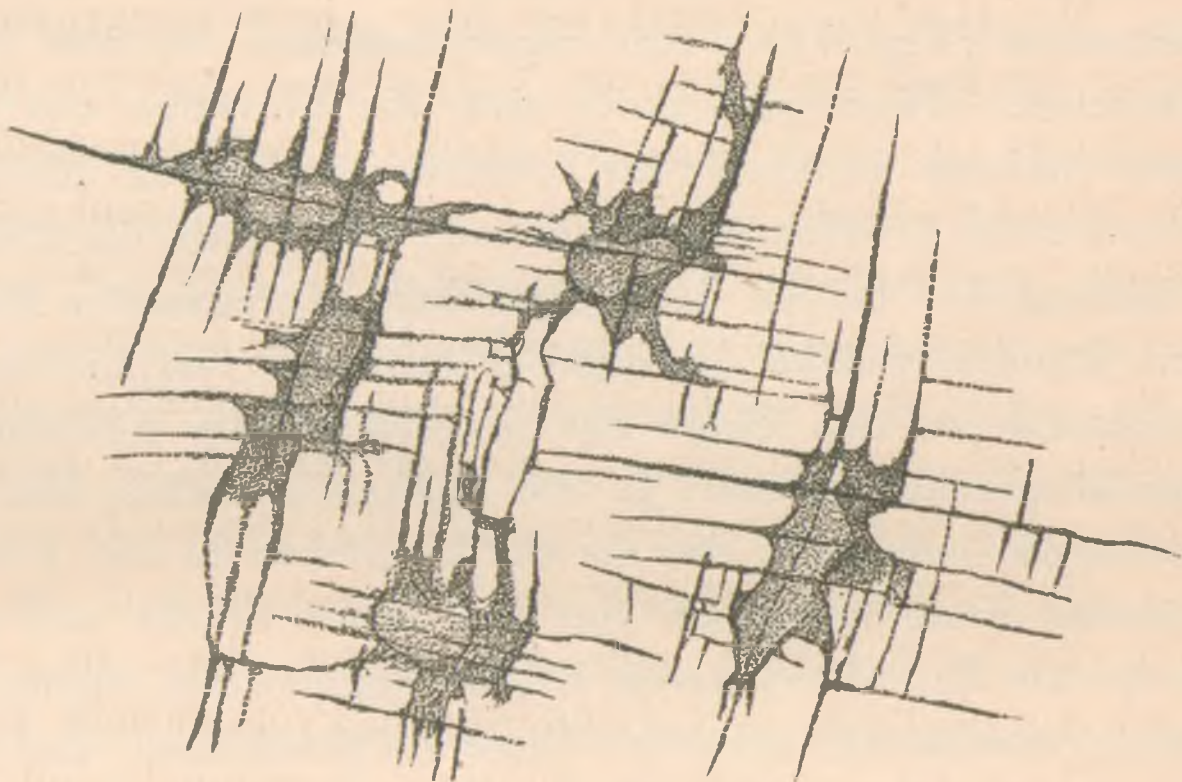
Die Hornhautzellen bilden einen integrierenden Bestandtheil der Wandung der Saftkanälchen, der Art, dass da, wo sie liegen, Wandung und Hornhautzelle eins ist, wie gleich weiter erläutert werden soll. In der entwickelten Hornhaut erscheinen sie auf Durchschnitten senkrecht zur Oberfläche als einfache scharfe Linien, welche an einer Stelle sich zu einer kernhaltigen Anschwellung verdicken und beim Auseinanderzerren der Bündel oder Lamellen bald der vorderen, bald und zwar häufiger der hinteren Seite der Saftkanallücken sich anschmiegen. Diese kernhaltigen Linien sind, wie Isolationspräparate (Zerzupfen nach Behandlung in Müller'scher Lösung) ergeben, nichts Anderes als die Durchschnittsbilder zarter Plättchen (Schweigger-Seidel), welche um den Kern herum bald in grösserer, bald in geringerer Ausdehnung noch eine Ansammlung sehr feinkörnigen Protoplasmas besitzen. Der übrige Theil der Platte ist in elastische Substanz verwandelt und hängt continuirlich mit der elastischen Grenzsicht des übrigen Theiles der Saftkanälchen zusammen. Beim Zerzupfen des Gewebes gelingt es deshalb nur, den grösseren der erweiterten Saftlücke entsprechenden Theil der Zelle isolirt zu erhalten und zwar nicht mit platten, sondern mit zerfetzten Rändern. Es verhalten sich also die fixen Hornhautzellen wie partielle endotheliale Auskleidungen eines Systemes von Saftbahnen. Ihre kernhaltige Anschwellung ragt mehr oder weniger weit in die mit Flüssigkeit erfüllten Hohlräume der letzteren hinein. In grösseren Lücken stossen nicht selten zwei oder sogar drei platte Hornhautzellen mit ihren Kanten an einander. An Silber-Präparaten erscheinen demgemäss innerhalb der weissen Saftlücken schwarze Silberlinien (Fig. 76, bei a). Die Saftlücke zerfällt dadurch in zwei oder sogar drei Felder, deren jedem ein Kern entspricht, wie leicht durch Tinction mit Haematoxylin gezeigt werden kann.

Mit dieser Auffassung der Hornhautzellen stehen scheinbar die Bilder im Widerspruch, welche man nach Analogie der Virchow'schen Bindegewebskörperchen als Hornhautkörperchen beschrieben und für mehr oder weniger vollständig identisch mit den Hornhautzellen erklärt hat. Es sind dies (in Flächenansicht) kernhaltige sternförmige Figuren mit reichen sich verästelnden und mit denen der Nachbarkörperchen anastomosirenden Ausläufern, also Bilder, welche in Configuration und Anordnung ganz den Saftkanälchen-Bildern gleichen, nur dass eine körnige Ausfüllungsmasse der Knotenpunkte und ihrer Ausläufer mehr oder weniger deutlich zur Beobachtung kommt. An Dickenschnitten, also in Kantenansicht, erscheinen diese Körperchen als spindelförmige Gebilde, welche in der Richtung ihrer Spitzen zusammenhängen, andererseits aber zu benachbarten Schichten, schräg oder senkrecht zur Hornhautoberfläche, anastomosirende Fortsätze entsenden. Die Zwischenräume zwischen Lamellen und Bündeln erfüllen sie vollständig. Derartige Hornhautkörperchen sieht man 1) in der frisch

in der feuchten Kammer untersuchten Hornhaut allmählig auftreten (s. oben); sie erscheinen 2) nach Behandlung der Hornhaut mit dünnen Säuren und zwar in diesen wie in den folgenden Fällen nach dem oben Gesagten sternförmig in Flächen-, spindelförmig in Kantenansicht. 3) Durch Anwendung der Chlorgold-Methode (am besten des Löwit'schen Verfahrens) gelingt es schöne violett gefärbte körnige Figuren zu erzeugen, die verästelte und anastomosirende Fortsätze ausenden und überhaupt vollständig den Hornhautkörperchen entsprechen (Fig. 77).

Fig. 77. Hornhautkörperchen des Frosches mittelst der Chlorgold-Methode dargestellt. Nach Ranvier. Auf der Oberfläche der Hornhautkörperchen Abdrucks-Leisten.

Fig. 77.



Der Kern bleibt bei dieser Methode ungefärbt.

4) Auch nach Behandlung mit *Argentum nitricum* erhält man zuweilen entsprechende Bilder, d. h. Hornhautkörperchen, die sich, in Folge reichlicher körniger Niederschläge

von Chlorsilber in ihrem Innern, deutlich von der in diesem Falle farblosen Grundsubstanz abheben. Diese sogenannten positiven Silberbilder gewinnt man aus den oben beschriebenen negativen leicht durch Maceration der versilberten Hornhaut in salzsäurehaltigem Glycerin oder nach Ranvier durch längeres (viertägiges) Einlegen in destillirtes Wasser. Es tritt also dabei eine Entfärbung der zuvor gebräunten Grundsubstanz und neue Ablagerung körnigen Chlorsilbers im Innern der Hornhautkörperchen auf.

Alle diese Bilder von Hornhautkörperchen lassen sich mit der oben vorgetragenen Ansicht über Zellen und Saftbahnen der Cornea in Einklang bringen, wenn man den Sitz der körnigen Ablagerungen nicht in die platten endothelialen Zellen selbst, sondern auf ihre Oberfläche, nämlich in das Hohlraumssystem verlegt. Eine solche Deutung hat für Gold- und positive Silberbilder keine Schwierigkeit: es erscheint das Safttraumsystem hier von körnigen Metallniederschlägen in analoger Weise erfüllt, wie capillare Blutgefäße bei Anwendung der gleichen Methoden. Der Annahme, dass diese Niederschläge in einer dem Blutplasma verwandten Flüssigkeit sich bilden, steht nichts im Wege. Aber auch das Auftreten anfangs mattglänzenden, später körnigen Inhalts an frischen Cornea-Präparaten, beim längeren Liegen in der feuchten Kammer, dürfte, abgesehen von den zarten protoplasmatischen Resten der fixen Hornhautzellen, von einer sog. spontanen Gerinnung des Inhalts der Saftkanälchen abzuleiten sein. Dem entsprechend vermochte Henle beim Kochen der Hornhaut Gerinnsel in den Spalträumen zu erzeugen.

Der vorgetragenen Auffassung entsprechend sind also die Hornhautkörperchen nichts Anderes, als die erweiterten Knotenpunkte des Saftbahnsystems der Hornhaut (Saftlücken), die fixen Hornhautzellen aber in ihnen wandständig, ein

Theil ihrer Auskleidung oder geradezu ihrer Wandung selbst. Die Hornhautkörperchen verhalten sich zu den fixen Hornhautzellen, wie die Knochenkörperchen zu den Knochenzellen.

Bei der bisher gegebenen Beschreibung der Hornhautkörperchen und der fixen Hornhautzellen ist einer Erscheinung noch nicht Erwähnung gethan, auf welche besonders Waldeyer und Ranvier aufmerksam gemacht haben. Betrachtet man, am besten an wohl gelungenen Goldpräparaten, das Flächenbild der verästelten Hornhautkörperchen, so nimmt man wahr, dass manche dieser Fortsätze sich in Form dunklerer Linien über die Oberfläche des Körperchens fortsetzen (Fig. 77). Am regelmässigsten ist dies Bild in der Hornhaut des Frosches. Hier entwickeln sich die Fortsätze des Hornhautkörperchens nach zwei nahezu senkrecht zu einander stehenden Richtungen (*orthoklone Zellen* von Fuchs). Man überzeugt sich bald, dass die Richtung dieser Fortsätze der Richtung der beiden das Körperchen begrenzenden Bindegewebslagen entspricht. Die Bündel, welche die obere Fläche des Körperchens kreuzen, verlaufen etwa senkrecht zu den längs der unteren Fläche hinziehenden. Da nun das Hornhautkörperchen überall in die Spalten zwischen den Bindegewebsbündeln Fortsetzungen entsendet, die als Saftkanälchen in der Flächenansicht erscheinen, so müssen diese, soweit sie von der oberen Fläche sich entwickeln, ebenfalls senkrecht zu den der unteren Fläche angehörigen stehen. Ausserhalb des Körperchens erscheinen natürlich diese Saftkanälchen der Goldpräparate als körnige Linien, im Gebiet des Körperchens selbst aber als rippenartige Verdickungen, als dunklere in der Richtung der Fortsätze die Flächen des Hornhautkörperchens kreuzende Linien, die in Wirklichkeit also feinen senkrecht zu den Ebenen der Hornhautkörperchen stehenden interfasciculären Spalten entsprechen. Es ist demnach ein Hornhautkörperchen ein getreuer Abdruck des Raumes innerhalb der dasselbe begrenzenden Bindegewebsbündel; die von seinen Flächen sich entwickelnden Leisten, auf der einen Fläche senkrecht zum System der Leisten der anderen Fläche orientirt, sind von Boll bei anderen Bindegewebszellen als elastische Streifen, von Ranvier passender als „Abdrucks-Leisten“ (*crêtes d’empreinte*) bezeichnet worden. Denken wir uns nun das Hornhautkörperchen unserer Auffassung entsprechend als einen mit Flüssigkeit erfüllten Hohlraum, dessen eine Fläche frei dem Gewebe zugekehrt, dessen andere von einer platten fixen Bindegewebszelle gebildet wird, so ist es klar, dass letztere auf ihrer Seite zwischen die angrenzenden Bindegewebsbündel plattenförmige Fortsätze hineinsenden wird, die bei Isolation als Anhänge der Hauptplatte erscheinen und die platte endotheliale Hornhautzelle zu einer „*Flügelzelle*“ (Waldeyer) gestalten.

Was für die Hornhautkörperchen und Zellen des Frosches erörtert wurde, gilt mit geringen Modificationen auch für die fixen Zellen der Hornhaut anderer Thiere und des Menschen. Diese Modificationen werden durch den Bündelverlauf auf beiden Seiten des Hornhautkörperchens bedingt. Ist der Bündelverlauf, wie in den einfach lamellirten Hornhäuten (Frosch, Salamander) in zwei benachbarten durch Hornhautkörperchen geschiedenen Lamellen nahezu rechtwinklig, so erhalten wir die eben beschriebenen orthoklonen Formen; sind dagegen die Bündel, wie in den Hornhäuten der grösseren Säugethiere und des Menschen in verschiedenen Richtungen orientirt, inniger verflochten, so sind die Fortsätze des Hornhautkörperchens weniger regelmässig angeordnet, mehr baum-

förmig verästelt (*dendroklone Zellen* von Fuchs). Auch nach einer anderen Richtung weicht die Configuration des Systems der Saftlücken und der sie verbindenden Saftkanälchen, oder, was dasselbe ist, der Hornhautkörperchen und ihrer Verbindungsbrücken, bei den einzelnen Thieren nicht unerheblich von einander ab. Bei den einen (z. B. Mensch, Hund, Meerschweinchen, Ratte) sind die weiten Saftlücken durch breite Fortsätze unter einander verbunden, bei den anderen (Vögel, Eidechse, Rind, Pferd) sind die Saftlücken verhältnissmässig eng und durch zahlreiche feine oft gitterförmig angeordnete Kanälchen unter einander in Verbindung gesetzt. Bei ersteren dominiren die Saftkanälchen bzw. Hornhautzellen (membranöser Typus von Ranvier), bei letzteren die Grundsubstanz (corpusculärer Typus von Ranvier). Es ist deshalb nicht wunderbar, dass sich die Saftkanälchen der ersten Form, z. B. in der Hornhaut des Menschen, ungleich leichter injiciren lassen, wie die der zweiten Form z. B. des Rindes. Hier schiessen bei Einstich-Injection mit Luft oder mit öligen Flüssigkeiten meist lange geradlinige spiessige Figuren an, zu mehreren parallel neben einander, die in verschiedenen Ebenen der Hornhaut recht- oder spitzwinklig zu einander orientirt sind. Es sind dies die zuerst von Bowman mittelst Quecksilber-Injection dargestellten „*Corneal-Röhrchen*“ (corneal tubes, Bowman'sche Röhrchen). Sie sind in verschiedener Weise gedeutet worden und ihrer Natur nach auch jetzt nicht vollkommen aufgeklärt. Während Waldeyer mit Recklinghausen und Leber geneigt ist, die bei vorsichtiger Injection gefüllten corneal tubes für eine besondere Form des Saftbahnsystems zu erklären, zumal da er sie stellenweise von stern- und spindelförmigen Figuren unterbrochen fand, erklärt Ranvier sie sämmtlich für Kunstprodukte, für Kanäle, welche durch gewaltsame Injection im Innern der Lamellen, nicht zwischen den Lamellen erzeugt wurden. Ohne die Möglichkeit der Entstehung solcher Kunstprodukte leugnen zu wollen, muss ich die bei vorsichtiger Injection dargestellten Bowman'schen Kanälchen mit Waldeyer für Theile des normalen Saftbahnsystems halten, das nur in der Hornhaut des Rindes entsprechend dem „corpusculären Typus“ von Ranvier durch enge Saftlücken charakterisirt ist. Es werden also hier die Kanäle, welche die Saftlücken verbinden, das Bild beherrschen, während in den Hornhäuten mit „membranösem Typus“ die sternförmige Saftlücke dem Bilde seinen Charakter verleiht.

Wir haben bisher die Bilder geschildert, wie sie an der vollständig entwickelten Hornhaut zur Beobachtung gelangen. Eine befriedigende Erklärung dieser Bilder erhalten wir erst durch Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte des Cornealgewebes. In der Substantia propria der embryonalen Cornea, ebenso wie im embryonalen Bindegewebe, sind die Räume zwischen den Fibrillenbündeln resp. Lamellen vollständig von protoplasmatischen Zellen ausgefüllt, die entsprechend den räumlichen Verhältnissen durch zahlreiche verzweigte Ausläufer unter einander in Verbindung treten. Wir haben es hier also mit einem soliden Zellennetz zu thun, ähnlich dem, welches den Virchow'schen Bindegewebskörperchen als Schema diente. In der embryonalen Hornhaut sind also Hornhautkörperchen und fixe Hornhautzellen ein und dasselbe. Im Laufe der späteren Entwicklung tritt nun von den kernhaltigen Anschwellungen ausgehend allmählig ein Vacuolisirungs-Process auf: es füllt sich ein Theil des Hornhautkörperchens mit Flüssigkeit, der Rest wird mit dem Kern als anfangs noch rein protoplas-

matische Zellplatte an eine Fläche gedrängt; die Vacuolisirung greift schliesslich auf die schmalen verbindenden Fortsätze über und verwandelt so das solide Zellnetz in ein Netz hohler mit Flüssigkeit erfüllter Saftkanälchen, in dessen erweiterten Knotenpunkten, den Saftlücken, die kernhaltigen Theile des Netzes allmählig in die platten Hornhautzellen umgewandelt werden. Man begreift jetzt, dass letztere noch mit feinen rippen- oder flügelartigen Fortsätzen (Waldeyer, Ranvier) in die Zwischenräume der ihnen unmittelbar anliegenden Bindegewebsbündel eindringen müssen. An der entgegengesetzten Fläche des ursprünglich mit Protoplasma erfüllten Hornhautkörperchens reicht dagegen die Vacuolisirung bis an das begrenzende Bindegewebe; ein Eindringen von Injectionsmasse zwischen die Fibrillen bei stärkerer Füllung des Saftkanalsystems findet darin seine Erklärung.

Die fixe Hornhautzelle der entwickelten Hornhaut wurde oben als zarte endotheliale Platte geschildert, die in der Umgebung des Kerns noch mehr oder weniger des ursprünglichen Protoplasmas erhalten zeigt. Der Kern selbst ist verhältnissmässig gross, abgeplattet, oft von unregelmässigem Umriss, nämlich mit Einschnürungen oder Einbuchtungen versehen (Fig. 77). Er birgt in seinem Innern ein kleines kugliges Kernkörperchen. Dass die Reste von Protoplasma in der Umgebung des Kernes noch, wenn auch geringe, Bewegungen ausführen können, liegt vollständig im Bereich der Möglichkeit. In der That treten denn auch sowohl Kühne, als Rollett für eine solche Contractilität der „Hornhautkörperchen“ ein. Ersterer beobachtete sowohl bei elektrischer als mechanischer Reizung der Hornhaut, sowie nach Reizung der Hornhautnerven (s. unten) Formveränderungen der Hornhautkörperchen, während Rollett nach Anwendung kräftiger Oeffnungsinductionsschläge sternförmige Protoplasmakörper innerhalb einer hellen gleichgestalteten Lücke auftreten sah. Er deutete diesen Befund auf eine Retraction des Protoplasma von den Wandungen des Lückensystems, welches normaler Weise vom Protoplasma ganz erfüllt sei. Andere Forscher, wie Engelmann und Ranvier, vermochten dagegen keine Formveränderungen bei Anstellung der Versuche von Kühne und Rollett wahrzunehmen. Soweit nun die Zelle noch protoplasmatisch ist, wird eine geringe Beweglichkeit eintreten können, wie dieselbe in der That durch v. Recklinghausen und Waldeyer constatirt ist. Vielleicht gehören hierher auch die Rollett'schen Beobachtungen. Die allerdings von Engelmann und Ranvier geleugneten Veränderungen, welche Kühne wahrnahm, betreffen aber zweifellos das ganze Hornhautkörperchen, also die äusseren Umrisse der Saftlücke. Da nun diese in der entwickelten Cornea nur noch zum Theil Protoplasmen enthält, so können jene Formveränderungen nur passive sein, bedingt durch mechanische oder chemische Veränderungen des angrenzenden fibrillären Gewebes, wie z. B. durch Zug, Druck, ungleiche Quellung. Wie sehr auf mechanischem Wege die Gestalten der Hornhautkörperchen verändert werden können, beweisen die eigenthümlichen Gestaltveränderungen derselben in der unmittelbaren Umgebung feiner Stiche (Fuchs), welche von Retzius in ihrer Gestalt den aus 2 halbkreisförmigen Strichen bestehenden Vögeln der Landschaftsbilder verglichen worden sind (*cellules en oiseaux* von Ranvier).

Ausser den fixen Zellen (Hornhautzellen) beherbergt die Cornea constant, aber in wechselnder Menge, noch eine zweite Art, nämlich Wanderzellen

(Leukocyten). Dass sie sich nur in den Saftbahnen bewegen, wurde schon oben angeführt. Je nachdem sie aber sich innerhalb einer weiten platten Saftlücke befinden oder innerhalb eines engen Saftkapälchens, können sie die verschiedensten Formen annehmen.

Die vorgetragene Ansicht über den Bau des Corneal-Bindegewebes und die Natur seiner Zellen dürfte am meisten geeignet sein, allen beobachteten Einzelheiten Rechnung zu tragen. — Nach der Ansicht vieler Forscher (Kühne, Engelmann, Rollet, Müller u. Andere) soll dagegen auch in der entwickelten Hornhaut ein die Saftlücken vollständig ausfüllendes Protoplasmanetz vorhanden sein. Dann existiren natürlich keine Saftkanälchen, die injicirten Bahnen sind Kunstprodukte, die hellen Räume bei Silberbehandlung entsprechen nicht Saftlücken, sondern Zellen. Eine vermittelnde Stellung nimmt Ranvier ein. Er erklärt zwar ebenfalls die hellen Räume der negativen Silberbilder für Zellen, nimmt aber daneben wirkliche injicirbare Saftbahnen an, die an jenen Silber-Präparaten als dunkelbraune Randsäume der hellen Zellen-Figuren erscheinen sollen; diese Randsäume entstehen seiner Meinung nach durch Silberfärbung der in den schmalen Saftlücken enthaltenen eiweissreichen Flüssigkeit.

Nach Henle kommen in der Hornhaut grösserer Thiere elastische Fasern vor, ein Befund, der von Waldeyer für die Randpartieen der Hornhaut, nicht für die Mitte des Cornealgewebes bestätigt wird.

Eine häufige Altersveränderung der Hornhaut besteht im Auftreten des sog. Greisenbogens (Gerontoxon, Arcus senilis). Derselbe ist eine ringförmige graue Trübung, welche in 1 mm Entfernung vom Hornhautrande beginnend $1\frac{1}{2}$ —2 mm Breite der Cornealsubstanz einnimmt. Oben und unten ist er breiter, als seitlich, und entsteht auch zuerst am oberen und unteren Rande. Als Ursache ist Ablagerung feinkörnigen Fettes in der Substantia propria nachgewiesen (Canton), das nach His sowohl in den Hornhautkörperchen, als in parallelen sich kreuzenden Reihen angetroffen wird.

III. Pars uvealis (chorioidalis) corneae.

4) Membrana Descemetii (Membrana Demoursii, innere Basalmembran, Lamina elastica posterior). (Fig. 73, 4).

Die Descemet'sche Haut ist eine glashelle elastische zellenfreie Membran, die für gewöhnlich vollständig homogen, strukturlos erscheint, nach Behandlung mit manchen Reagentien aber verschiedene Differenzirungen erkennen lässt. Schon an Durchschnitten der Membran bemerkt man zuweilen bei starker Vergrösserung eine feine der Oberfläche parallele Streifung. Durch längeres Kochen in Wasser gelingt es den Grund dieser Streifung zu erkennen. Die Membran zerfällt nämlich dabei in eine Anzahl sehr feiner strukturloser Lamellen (Henle, Ranvier, Berger), welche die Neigung besitzen, sich nach derselben Seite einzurollen, wie die gesamte Membran, nämlich nach vorn. Man überzeugt sich von dieser Thatsache leicht an der isolirten Membran. Eine solche Isolation erzielt man am besten durch Maceration in zehnprozentiger Kochsalzlösung (Schweigger-Seidel) oder, indem man die betreffende Hornhaut zwei bis drei Tage einer Selbstmaceration überlässt (Ranvier). Man erkennt dann zugleich, dass die Descemet'sche Membran viel weniger innig mit der Substantia propria corneae verbunden ist, als die vordere Basalmembran. Auch durch einige andere Eigenthümlichkeiten unterscheidet sie sich von der letzteren. Während die vordere Basalmembran in der Mitte der Cornea am dicksten ist, nach dem Rande hin allmählig abnimmt, besitzt die Descemet'sche Haut in der Mitte die geringste Dicke ($6-8\mu$) und verdickt sich nach dem Rande zu ($10-12\mu$). Sodann unterscheidet sich die hintere Basalmembran von der vorderen durch ihre grosse Resistenz gegen Alkalien, Säuren, siedendes Wasser. Ihre Substanz darf aber trotzdem nicht der elastischen gleich gestellt werden,

da sie sich durch verschiedene Reactionen, unter anderen durch schnellere Verdaulichkeit in Trypsinlösungen von dem elastischen Gewebe unterscheidet (Sasse). Am Rande der Hornhaut endlich ist die Innenfläche der Descemet'schen Membran im reiferen Alter durch das Auftreten zahlreicher warziger halbkugliger Vorsprünge ausgezeichnet (Hassall, Henle), die etwa zwischen dem 20. und 30. Lebensjahre aufzutreten beginnen und mit dem Alter an Zahl und Höhe zunehmen (H. Müller), entsprechend der Dickenzunahme, welche die gesammte Descemet'sche Membran im Alter erfährt. Nach H. Müller kann ihre Dicke im Alter bis auf $20\ \mu$ anwachsen.

Nach Tamamscheff und Ciaccio sollen die letzten Elemente der Descemet'schen Membran feine Fibrillen sein. Schweigger-Seidel sah nach längerer Einwirkung zehnpromcentiger Kochsalzlösung ebenfalls eine fibrilläre Streifung der Membran, vermochte aber keine Fibrillen zu isoliren. An der Descemet'schen Haut des Ochsen erzielte derselbe Forscher einen Zerfall in drei Schichten durch Anwendung der zehnpromcentigen Kochsalzlösung. Innerhalb der beiden inneren dem Endothel benachbarten Schichten traten, namentlich in der Nähe des Hornhautrandes, stellenweise netzförmige Zeichnungen auf, die in der zweiten Schicht fibrilläre Grenzen besaßen; die dritte der Substantia propria angelagerte Schicht zeigte ovale oder kreisförmige Figuren. Schweigger-Seidel deutet diese Zeichnungen auf eine Zusammensetzung der Descemet'schen Membran aus kleinen Plättchen.

5) Endothel der Descemet'schen Membran (Inneres Epithel der Hornhaut). (Fig. 73, 5).

Die innere, also der vorderen Augenkammer zugekehrte Oberfläche der Descemet'schen Membran wird von einer einfachen Lage platter Zellen continuirlich überzogen. Die platten polygonalen Zellen sind durch Kittsubstanz vereinigt; durch Behandlung mit Argentum nitricum lassen sich demnach ihre Grenzen in Form scharf gezeichneter, oft leicht wellig gebogener Linien markiren. Jede Zelle birgt einen meist central gelegenen, kugligen oder ellipsoidischen Kern, der mit der benachbarten centralen Zellsubstanz um ein Geringes weiter nach innen ragt, als die Randtheile der Zellen, sodass also der innere Contur der Endothelschicht an Dickenschnitten keine glatte Linie bildet, sondern durch die zahlreichen Kern-Prominenzen leicht wellenförmig gestaltet wird. Nicht selten sind die Zellengrenzen undeutlich. Es treten dann meist Vacuolen auf, die, von den Zellgrenzen ausgehend, auf das Innere des Zellkörpers übergreifen können (Schwalbe). Dadurch werden die Zellen selbst in sternförmige Gebilde umgewandelt, die mittelst ihrer Fortsätze unter einander in Zusammenhang stehen. Es entsprechen diese Fortsätze Interellularbrücken, wie sie anderwärts vielfach zwischen epithelialen Zellen sich finden, die breiten Kittstreifen durchziehend. Man hat diese sternförmigen Zellen auch wohl auf Contractions-Erscheinungen bezogen; an eine active Contractilität der Zellen ist aber dabei nicht zu denken. Am Rande der Descemet'schen Membran findet sich das Endothel scheinbar nur zwischen den beschriebenen warzigen Erhebungen; in Wirklichkeit aber ist es in Form feiner strukturloser plattenförmiger Fortsätze der Zellen auch hier vorhanden, während die granulirten kernhaltigen Theile der Zellen in den Thälern zwischen den Warzen Platz finden.

Von Klebs, sowie von Norris und Stricker, wurde an gereizten Hornhäuten eine Contractilität der Cornea-Endothelzellen beschrieben. Waldeyer, Ranvier und Andere konnten sich von einer solchen Contractilität nicht überzeugen. Sollte es sich nicht bei diesen Beobachtungen um Leukocyten gehandelt haben, die von der vorderen Kammer aus in die Kittsubstanzräume eingewandert waren oder sich auch frei auf der Oberfläche des Endothels bewegten?

Substanzverluste des Endothels der Descemet'schen Haut ersetzen sich leicht durch Proliferation der den Defect begrenzenden Zellen. Es finden dabei lebhaftere Kerntheilungen unter Bildung karyokinetischer Figuren statt (v. Ewetsky).

Nach Ciaccio finden sich in den Kittleisten zwischen den Endothelzellen Stomata, die mit einem Lückensysteme in der Descemet'schen Haut und durch dieses mit den Saftkanälchen der Cornea communiciren sollen. Ciaccio's Angaben über ein Lückensystem in der Descemet'schen Membran beziehen sich auf Silbersalpeter-Präparate; die von ihm gesehenen Bilder entsprechen offenbar den Saftkanalbildern, welche durch Anwendung der Silbermethode zwischen Endothel und Grundhaut der Descemet'schen Membran erzeugt werden können (v. Recklinghausen). Aehnliche Bilder erhielt Preiss durch Injection, erst von Eisenchlorid, dann von Blutlaugensalz in die vordere Kammer. Auch er findet Stomata zwischen den Zellen.

Gefäße der Hornhaut.

I. Blutgefäße.

Die Cornea entbehrt mit Ausnahme eines dem Limbus corneae entsprechenden, oben und unten $1-1\frac{1}{2}$ mm, seitlich nur $\frac{1}{2}-1$ mm breiten Randbezirks der Blutgefäße gänzlich. Innerhalb des genannten Bezirkes schiebt sich zwischen geschichtetes Epithel und Substantia propria corneae eine Schicht lockeren Bindegewebes ein, welche mit dem Beginn der Lamina elastica anterior (s. oben S. 151) ihr Ende findet. Nur innerhalb dieser oberflächlichen Bindegewebslage des Randsaumes finden sich normaler Weise Blutgefäße und zwar in Form capillarer Schlingen (Randschlingennetz der Hornhaut) (Fig. 78, v), deren dünnere arterielle Schenkel ($5-6\ \mu$ breit) aus den episcleralen Zweigen der Aa. ciliares anticae sich entwickeln, während die rückläufigen dickeren venösen Schenkel der Randschlingen (von $10-15\ \mu$ Breite) sich in ein episclerales mit den vorderen Ciliarvenen zusammenhängendes Venennetz einsenken (Leber).

In seltenen Fällen finden sich am Rande der Hornhaut auch in der Substantia propria einige Gefässschlingen (Gerlach, Coccus). — Die Frage, ob beim menschlichen Fötus ein die ganze Hornhautoberfläche einnehmendes „präcorneales“ Gefässnetz existirt, ist nicht sicher entschieden. Wahrscheinlich sind auch hier die centralen Partien frei von Gefäßen. Leber fand beim Kaninchen-Embryo nur ein Randschlingennetz. Ein vollständiges präcorneales Gefässnetz soll beim Karpfen, ein über das ganze Feld der Hornhaut ausgedehntes Netz nach Ricchiardi beim Schaf existiren. Alle diese Angaben über ein vollständiges präcorneales Netz bedürfen sehr erneuter Prüfung.

II. Lymphbahnen.

Als Lymphbahnen der Hornhaut hat man das System der Saftkanälchen anzusehen. Mit ihnen im Zusammenhang stehen Räume, welche die in der Substantia propria verlaufenden ansehnlicheren Nervenstämmchen scheidenartig umgeben (Nervenkanäle). Mittelst der Silbermethode ist an den Wandungen der letzteren eine schöne Endothelzeichnung hervorzurufen.

Die Haupt-Abflusswege der in den Saftkanälchen befindlichen lymphatischen Flüssigkeit sind in den Lymphgefäßen der Conjunctiva zu suchen, die sich durch Einstichs-Injection in die Substantia propria corneae leicht füllen lassen (v. Recklinghausen, Leber, Waldeyer). Vermuthlich dienen auch die oben erwähnten mit den Saftkanälchen communicirenden perineuralen Kanäle als Abzugskanäle, in denen die Lymphe längs der Nn. ciliares abgeleitet wird. Am Rande der Cornea hängt das verhältnissmässig weite Saftbahnnetz der Hornhaut mit den viel feineren Saftbahnen der Sclera zusammen. Es ist aus dieser

Differenz der Kaliber beider Systeme von Saftkanälchen von vornherein klar, dass viel leichter Flüssigkeit aus dem Gewebe der Sclera in das der Cornea, als umgekehrt übertreten wird.

Die Speisung des Saftkanalsystems der Cornea erfolgt wahrscheinlich von zwei Seiten her, nämlich 1) von den Gefäßen des Cornealrandes aus, und 2) durch Diffusion von der vorderen Kammer. Das Randschlingennetz scheint im Wesentlichen für die Ernährung des Epithels und der vorderen Schichten bestimmt zu sein. Für die Ernährung der hinteren Schichten der Hornhaut kommt dagegen sehr wahrscheinlich der Diffusionsverkehr zwischen Cornealgewebe und dem in der vorderen Kammer enthaltenen Humor aqueus in Betracht. Durch Leber und Krüchow, sowie durch Knies ist gezeigt worden, dass gewisse dem Kammerwasser einverleibte Substanzen durch Diffusion in das Cornealgewebe eintreten. Denn nach Injectionen von gelbem Blutlaugensalz in die vordere Kammer eines lebenden Thieres bläut sich das Gewebe besonders der hinteren Schichten der Hornhaut beim Einlegen in Eisenchlorid. Die Descemet'sche Membran erscheint dabei schwächer gefärbt, die Kittleisten ihres Endothels als blaue Linien. Diese Diffusion findet leichter statt nach Entfernung des Endothels der Descemet'schen Membran. Sehr bemerkenswerth ist, dass die Blaufärbung der Hornhaut nicht die Saftkanälchen, sondern die fibrillenhaltige Grundsubstanz betrifft. Man hat daran gedacht, diese Thatsache durch die Annahme zu erklären, dass diese Grundsubstanz zunächst die Resorption bewirke und den Ernährungsstrom leite, während die Saftkanälchen nicht zur Aufnahme, sondern nur zur Ableitung der resorbirten Flüssigkeit dienen. Allein eine zweite Erklärung ist nicht ausgeschlossen. Die Färbung der Grundsubstanz in dem geschilderten Versuche ist auch bei Annahme einer Resorption durch die Saftkanälchen zu verstehen. Die resorbierte Flüssigkeit wird dann von den Wandungen des Kanalsystems, also von der Grundsubstanz der Hornhaut, aufgenommen und zurückgehalten werden, während sie aus den Saftkanälchen rasch verschwindet. Die resorbierte Flüssigkeit kennzeichnet also den von ihr eingeschlagenen Weg durch Imbibition seiner Wandungen, während der Weg selbst ungefärbt bleibt.

Auch auf ihrer äusseren Oberfläche befindliche Substanzen kann die Cornea resorbieren. Besonders leicht dringt Fluorescein aus dem Conjunctivalsack in die Cornea ein (Pflüger), ja es geht sogar durch letztere hindurch in die vordere Augenkammer über (Schöler).

Ganz anders steht es mit der Filtrationsfähigkeit der Cornea. Die lebende Hornhaut lässt selbst bei starker Drucksteigerung in der vorderen Kammer keine merklichen Mengen von Flüssigkeit an ihrer äusseren Oberfläche hervortreten (Leber). Es kann also auf diesem Wege eine Verminderung des Kammerwassers normaler Weise nicht eintreten; die Abflusswege der vorderen Kammer liegen vielmehr an einer ganz anderen Stelle, in der Gegend des Cornealfalzes (s. unten). — Als Ursache des Widerstandes, den die lebende Hornhaut der Aufnahme von Kammerwasser entgegensetzt, erkannte Leber das Endothel der Descemet'schen Haut. So lange dies vorhanden ist, hält die Hornhaut das Kammerwasser zurück. Nach Zerstörung jenes Endothels dagegen quillt die Grundsubstanz der Hornhaut unter Trübung und lässt bei Drucksteigerung

Flüssigkeit hindurchtreten. Zerstörung dieses Endothels ist auch die Ursache, weshalb nach dem Tode dieselben Erscheinungen beobachtet werden. Gegen Quellung von aussen wird die Hornhaut durch ihr vorderes Epithel geschützt (Laqueur).

Nerven der Hornhaut.

Die von Schlemm entdeckten Nerven der Hornhaut stammen aus den Nn. ciliares, welche nach ihrem Verlauf zwischen Chorioides und Sclera zum Ciliarkörper gelangen und hier einerseits Zweige für den Ciliarmuskel und die Iris entsenden, andererseits ihre Hornhautzweige abgeben, die sich zunächst in den nach aussen vom Schlemm'schen Kanal (s. unten) gelegenen Randtheil der Sclera begeben und hier zu einem ringförmig den Cornealrand umgebenden Geflecht (*Plexus annularis*) zusammentreten. Aus diesem zweigen sich 1) Fäden unter schräger Durchbohrung der Sclera nach aussen zur Conjunctiva ab, treten dort mit den eigenen Nerven der Conjunctiva in plexusartige Verbindung und entsenden schliesslich in den Limbus corneae zahlreiche bereits marklose Nervenfasern, die wiederum sowohl mit einander als mit den in den vorderen Schichten der Substantia propria corneae verlaufenden Nerven sich verflechten (subbasaler Plexus von Hoyer). 2) Der grösste Theil der Nervenstämmchen zieht aber vom Ringgeflecht aus direkt in radiärer Richtung in die Grundsubstanz der Hornhaut hinein und bildet hier unter häufigen Theilungen und Vereinigungen ein gröberes Geflecht (*Grundplexus* der Hornhaut, Stromaplexus), dessen hintere durch die stärksten Stämmchen ausgezeichnete Grenze in der menschlichen Cornea etwa der Grenze zwischen drittem und viertem Viertel der Hornhautdicke entspricht, sodass die hintersten Schichten dieses Plexus entbehren, nur einzelne feine Zweigeln von ihm erhalten. In den vorderen Schichten sind dagegen in jeder Höhe bis zur vorderen Basalmembran Theile des Grundgeflechts anzutreffen, nur dass dessen Zweige, je weiter nach vorn, um so feiner werden. Die Zahl der am Hornhautrande eintretenden Nervenstämmchen beträgt beim Menschen etwa 60, deren dünnste Stämmchen 2 bis 3, deren stärkste bis 12 Nervenfasern enthalten. Sie werden schon in geringer Entfernung (0,3 - 0,5 mm) von ihrer Eintrittsstelle marklos. In ihrem weiteren Verlauf zerfallen ihre Axencylinder unter wiederholten Theilungen schliesslich in feinste Nervenfibrillen, die durch ihre Neigung zur Varicositätenbildung ausgezeichnet sind und noch eine zarte heterogene Hülle (Axencylinderscheide?) zu besitzen scheinen. An den Knotenpunkten des Plexus findet meist eine reichliche Durchflechtung der Nervenfibrillen statt; hier finden sich auch Kerne angelagert, die aber nicht als Kerne von Ganglienzellen angesehen werden dürfen, sondern den Kernen der Schwann'schen Scheide zu vergleichen sind, wenn auch diese selbst sich nicht weit über den Hornhautrand verfolgen lässt. Die gröberen Nervenstämmchen liegen innerhalb deutlicher mit Endothel ausgekleideter und mit den Saftlücken communicirender Kanäle (Nervenkanäle, s. oben S. 163). In Betreff der Lage der feineren und feinsten in der Hornhaut-Grundsubstanz sich ausbreitenden Nervenfäserchen lauten die Angaben widersprechend. Während nach der von mir getheilten Ansicht der Mehrzahl der Forscher auch diese in feinen Kanälchen verlaufen, die aber bereits dem System der Saftbahnen angehören, lässt Ranvier sie im Innern der Bindegewebsbündel ihren Weg nehmen.

Aus den der vorderen Basalmembran benachbarten Theilen des Grundplexus erheben sich zahlreiche feine, je aus mehreren Fibrillen zusammengesetzte Fäden, welche senkrecht oder schräg die vordere Basalmembran durchbohren (*Fibrae perforantes*) und unter dem Epithel angelangt sofort an der äusseren Oberfläche der Basalmembran büschelförmig in eine grössere oder kleinere Anzahl von Nervenfibrillen zerfallen, die zwischen Epithel und Basalmembran unter spitzwinkliger Verzweigung und Plexusbildung sämmtlich nach dem Centrum der Hornhaut zu gerichtet sind. So bildet sich aus den einzelnen radiär der Hornhautmitte zustrebenden Nervenbüscheln der *Fibrae perforantes* zunächst ein dicht unter dem Epithel gelegener Plexus (*subepithelialer Plexus*). Aus diesem erheben sich in der ganzen Ausdehnung seiner Ausbreitung zahlreiche feine Fäserchen, welche längs der Kittflächen zwischen den Cylinderzellen senkrecht in das Epithel hinaufsteigen, innerhalb der folgenden Schichten desselben sich aber vielfach in den Zwischenräumen der Zellen hin und herwinden, scheinbar ein sehr complicirtes Endnetz bildend. Hoyer hat indessen gezeigt, dass auch hier eine, allerdings sehr feine Plexusbildung vorliegt (*intraepithelialer Plexus*). Die eigentlichen Endigungen der Epithelnerven finden also nicht in Form einer Netzbildung, auch nicht innerhalb der Zellen statt, sondern frei zwischen den Zellen der oberflächlichsten Lagen, mit feineren oder gröberen Endknöpfchen (vergl. S. 32).

Vom Grundplexus der Hornhautnerven zweigen sich aber ausser den für das Epithel bestimmten namentlich in den vorderen Schichten der Substantia propria noch zahlreiche feine Nervenfädchen ab, die hier einen für die Hornhautgrundsubstanz bestimmten feineren Plexus zusammensetzen. Er wird beim Menschen überwiegend aus den von der Conjunctiva aus eintretenden Fasern gebildet, liegt in den vorderen Schichten unweit der vorderen Basalmembran und ist deshalb von Hoyer als *subbasaler Plexus* (feiner Stromaplexus von Waldeyer, accessorischer Plexus von Ranvier) bezeichnet worden. Seine feinen Nervenfibrillen verlaufen häufig mit rechtwinkligen Knickungen, in verschiedenen Ebenen rechtwinklig gekreuzt, entsprechend der Fibrillenrichtung, welche die Richtung ihres Verlaufes beeinflussen muss. Dass wir es hier mit eigenen Nerven der Substantia propria zu thun haben, steht fest; über die Art ihrer Endigung ist aber noch keine Einigung erzielt. Kühne beschrieb einen direkten Zusammenhang der feinen Nervenfasern mit den Hornhautkörperchen; Königstein vermochte sogar letztere im Zusammenhang mit Nervenfasern zu isoliren. Waldeyer, der früher sich gegen einen solchen Zusammenhang erklärte, hat neuerdings die Endigung von Nervenfasern in Hornhautkörperchen als eine Art der Endigung der Stroma-Nerven acceptirt; ebenso ist Ciaccio dieser Auffassung beigetreten. Von Hoyer und Klein wird dagegen ein solcher Zusammenhang in Abrede gestellt. Bei der Beurtheilung dieser Bilder muss man vor Allem in Erwägung ziehen, dass in der reifen Cornea Hornhautkörperchen und Hornhautzelle zwei verschiedene Dinge sind, letztere nur ein wandständiger Theil des ersteren, der Substanzrest der ursprünglich voll protoplasmatischen, später vacuolisirten embryonalen Hornhautzelle. Die Grenzen des Hornhautkörperchens und seiner Ausläufer sind die des Saftbahnsystems; in letzterem verlaufen aber die feinen Nervenfibrillen des für die Grundsubstanz bestimmten Plexus. Ein Zusammenhang mit Hornhautkörperchen wird also

dann jedenfalls wahrzunehmen sein, wenn die betreffende feine Nervenfasern gerade im Gebiet einer sternförmigen Saftlücke endigt, während in anderen Fällen die Nervenfasern durch die Saftlücken weiter ziehen können, um möglichenfalls innerhalb eines feinen Verbindungskanälchens ihr Ende zu finden. Es erklärt dies meiner Ansicht nach die beiden von Waldeyer und Ciaccio aufgestellten Endigungsweisen der Nervenfasern im Corneal-Bindegewebe, nämlich die Endigung in Hornhautkörperchen und die freie Endigung. Eine Endigung in Hornhautzellen, in den flachen protoplasmaarmen wandständigen Gebilden der Hornhautkörperchen ist dagegen nicht nachgewiesen, obwohl die Möglichkeit einer freien Endigung feiner Nervenfasern unmittelbar auf der Oberfläche des Protoplasmaarestes der platten endothelialen Zellen nicht ausgeschlossen ist.

Durchschneidungen der Hornhautnerven am Rande der Cornea haben die merkwürdige Thatsache ergeben, dass (sechs Tage nach der Durchschneidung) die im Epithel enthaltenen Nerven gänzlich verschwinden, dagegen die im Bindegewebe verlaufenden unverändert bleiben (Ranvier). In Betreff der sub- und intraepithelialen Nerven ermittelte Ranvier, dass sie nach vollständiger Zerstörung des Corneal-Epithels bedeutend später regenerirt werden, als das Epithel selbst. Acht Tage nach der Zerstörung ist das Epithel bereits vollständig wieder ausgebildet, aber noch keine Nerven. Letztere entstehen erst später durch Sprossung von Seiten der unverletzt gebliebenen perforirenden Zweige.

Bei sämtlichen darauf genauer untersuchten Wirbelthieren sind Nerven im Epithel und in der Substantia propria corneae nachgewiesen. Auch für die Fische ist kürzlich von Zelinka der sichere Nachweis von Nerven im Epithel der Hornhaut geliefert worden. Derselbe zeigte ferner, dass der von der Conjunctiva abstammende Theil der Hornhautnerven um so mächtiger entwickelt ist, je stärker die conjunctivale Cornea sich ausgebildet zeigt. Bei vollständiger Ausbildung einer Pars conjunctivalis corneae versorgen conjunctivale Nerven ausschliesslich das Epithel; die sclerale Cornea hat dann einen eigenen davon unabhängigen Plexus. Bei einem der Fische (Gobius) konnte sogar noch ein dritter, ein uvealer Plexus zwischen scleraler und uvealer Schicht nachgewiesen werden. — Die Anordnung der einzelnen Abschnitte des Hornhautnervensystems ist bei verschiedenen Thieren eine verschiedene. So liegt z. B. der Grundplexus beim Frosch weiter nach hinten, es fehlt ein subbasaler Plexus und es haben deshalb die vom Grundplexus zum Epithel aufsteigenden Fasern einen langen Verlauf. Dafür ist der Frosch durch einen in den hinteren Schichten der Hornhaut bis an die Descemet'sche Membran ausgebreiteten feinmaschigen Stromaplexus ausgezeichnet. Eine Entsendung feiner Fibrillen durch die Descemet'sche Membran und Endigung derselben in den Kernkörperchen der Endothelzellen jener Membran (Lipmann) ist in Abrede zu stellen, ebenso wie die ebenfalls von Lipmann behauptete Endigung von Nervenfasern in den Kernkörperchen von Hornhautzellen.

Endigungen von Nervenfasern in birnförmigen Zellen des Epithels beschreibt Ditlevsen nach Anwendung der Goldchloridmethode besonders deutlich bei der Ente. Derartige Endigungen sind von anderen Forschern nicht gesehen, die Zellen aber möglichenfalls auf Langerhans'sche Zellen (s. oben S. 33) zurückzuführen, wie sie von Ribbert im Cornealepithel des Frosches und der Säugethiere gefunden wurden.

B. Die Sclera (Sclerotica, Tunica albuginea oculi, weisse Augenhaut, Sehnenhaut des Auges).

Die Sclera bildet den grösseren undurchsichtigen Abschnitt der fibrösen Augenhaut, welcher etwa $\frac{4}{5}$ — $\frac{5}{6}$ des Augapfels umhüllt, vorn continuirlich in die durchsichtige Cornea sich fortsetzt, medianwärts vom hinteren Pole dagegen in der früher beschriebenen Weise (s. oben S. 87) unter Bildung einer Lamina cribrosa von den Fasern des Sehnerven durchsetzt wird (Foramen opticum scleroticae) und sich mit dessen Scheiden, ins Besondere mit der Duralscheide,

verbindet. Die weisse Farbe der Sclera hat bei Kindern eine leicht bläuliche Beimischung, weil hier in Folge der geringeren Dicke der Membran das Pigment der Chorioides durchschimmert. Bei älteren Leuten wird dagegen die Farbe der Sclera häufig gelblich in Folge von Fettkörnchen-Einlagerungen.

Die Dicke der Sclerotica ist, — wenn wir von der in der Lamina cribrosa erfolgenden bedeutenden Reduction absehen, — am bedeutendsten in der unmittelbaren Nähe des Sehnerven-Eintritts. Sie beträgt hier 1 bis 1,2 mm. Von hier aus nimmt die Dicke der Membran allmählig nach dem Cornealrande zu ab. Nur da, wo die Sehnen der Augenmuskeln sich mit der Sclera verbinden, erfährt dieselbe wieder eine Verstärkung. Da nun die Sehnen der vier geraden Augenmuskeln sich auch seitlich ausbreiten und verflechten, so resultirt daraus eine allgemeine Verstärkung der vorderen dem Cornealrande benachbarten Zone der Sclera. Hier misst ihre Dicke wieder 0,6 mm, während sie im Aequator des Augapfels bereits auf 0,4 – 0,5 mm herabgesunken war. Am dünnsten ist die Sclera da, wo sie von den Sehnen der Augenmuskeln bedeckt wird (0,3 mm nach Sappey). Verdünnt ist sie ferner da, wo in Rinnen ihrer Innenseite sich Ciliarnerven einlagern.

Die Sclera besteht aus Bündeln fibrillären Bindegewebes, die überwiegend in zwei Richtungen verlaufen, äquatorial und meridional. Diese Bündel verflechten sich unter einander in mannigfaltigster Weise unter rechtwinkliger Kreuzung; die äquatorialen sind besonders ausgebildet im Sulcus sclerae externus (s. oben S. 76). Die Fasern der Sehnen der geraden Augenmuskeln gehen bei ihrem Eintreten in das Scleralgewebe in meridionale, die der schiefen Augenmuskeln in äquatoriale Bündel über (Löwig) und zwar legen sich die Fasern beider Kategorieen von Sehnen nicht einfach der Oberfläche der Sclera an, sondern senken sich spitzwinklig in dieselbe ein. Den Bindegewebsbündeln sind elastische Fasern beigemischt, die besonders reichlich an der inneren Oberfläche, sowie in der Nachbarschaft der Gefäss- und Nervenkanäle entwickelt sind.

Das Bindegewebe der Sclera wird von einem reichen System feiner Saftkanälchen durchzogen, welche den Zwischenräumen zwischen den sich verflechtenden Bündeln entsprechen, durch dieselben Mittel, wie die der Cornea, zur Anschauung gebracht werden können, diesen letzteren überhaupt sehr ähnlich sich verhalten, nur dass sie enger sind. Wie die Saftkanälchen der Cornea sind sie zum Theil von platten endothelialen Bindegewebszellen ausgekleidet. Durch Einstichs-Injection lässt sich das Saftbahnsystem der Sclera leicht füllen; es ist dann leicht zu zeigen, dass es am Cornealrande in das Saftbahnsystem der Hornhaut unmittelbar übergeht; andererseits sieht man bei fortgesetzter Injection die eingespritzte Masse sowohl auf der äusseren als inneren Oberfläche der Sclera erscheinen, in die dort befindlichen, unten zu beschreibenden grösseren Lymphräume eintretend (Michel).

Abgesehen von den eben erwähnten gewöhnlichen platten Scleralzellen und abgesehen von einzelnen Wanderzellen, die in den Saftbahnen ihren Weg nehmen, finden sich im Gewebe der Sclera noch Pigmentzellen zerstreut, beim Menschen spärlich, bei Thieren reichlicher vorhanden. Beim Menschen kommen sie besonders in der Gegend des Cornealfalzes, ferner in der Umgebung des Opticus-eintritts und zwar in Begleitung der die Sclera durchsetzenden Gefässe und Nerven vor. Reichlicher stellen sie sich in der innersten der Chorioides benach-

barten Lage der Sclera (*Lamina fusca sclerae* [Brücke]) ein. Die innere Oberfläche der Membran ist überdies von einem zarten Endothelhäutchen bekleidet, deren Zellengrenzen sich mittelst der Silbermethode deutlich machen lassen (Schwalbe). Sie bildet die äussere Begrenzung eines zwischen Sclera und Chorioides befindlichen Lymphraumsystems, des Perichorioidalraumes (s. unten Chorioides). In analoger Weise ist auch die äussere Fläche der Sclera von einem aus endothelialen Zellplättchen aufgebauten Endothelhäutchen überzogen. Auch hier gelingt es leicht durch Anwendung der Silbermethode die Zellengrenzen zu markiren. Es entspricht dies Endothel einer der Wandungen eines Lymphraumes, welcher schalenförmig den grösseren Theil der Sclera umgiebt, des Tenon'schen Raumes (Schwalbe). Derselbe wird nach aussen von der Tenon'schen Kapsel oder Fascie gegen das Fett der Orbita abgeschlossen (s. unten) und von zahlreichen feinen mit Endothelscheiden versehenen Bälkchen

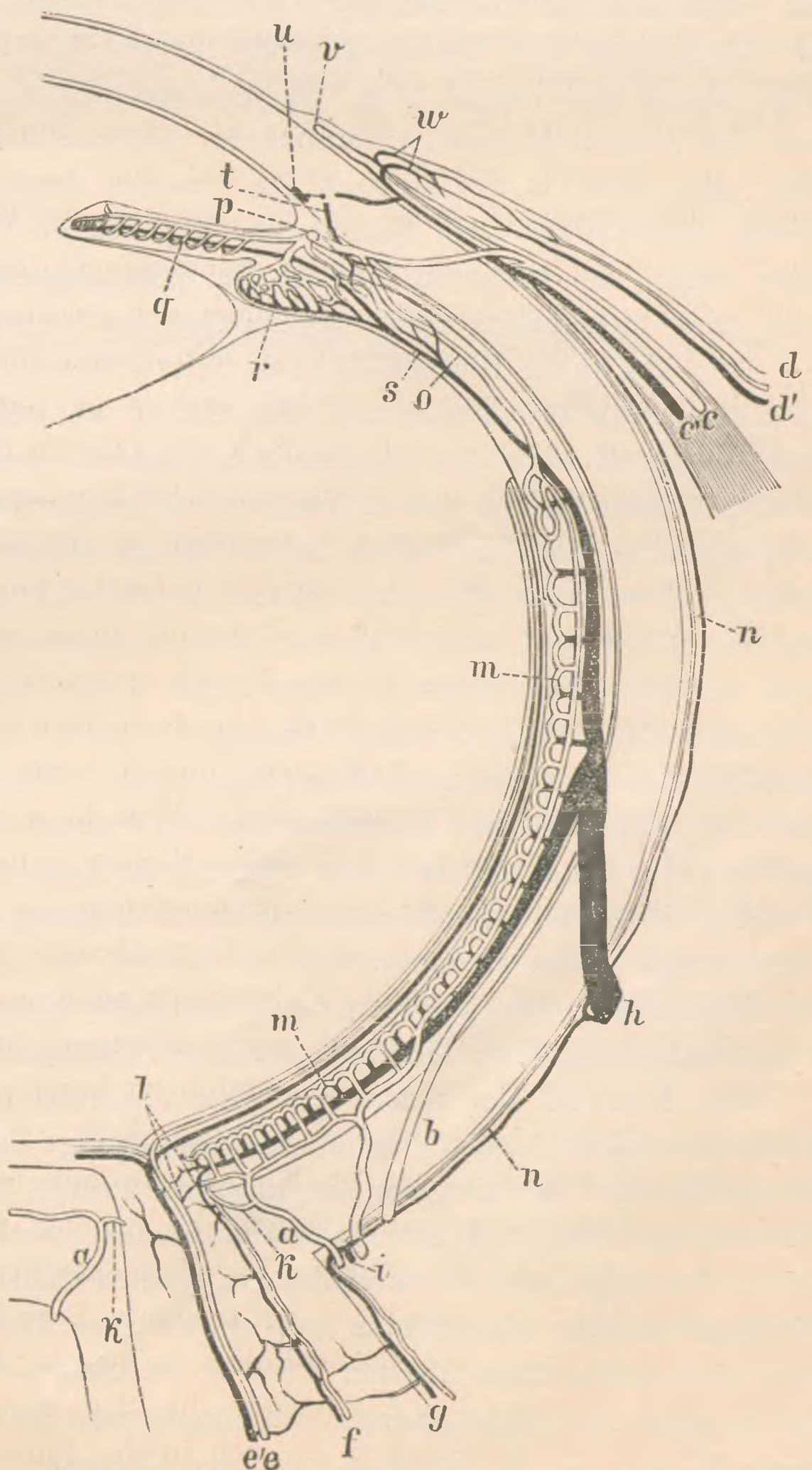
Fig. 78. Schematische Darstellung der Blutgefässe des Auges. Nach Leber.

Horizontalschnitt; Arterien hell, Venen schwarz.

a, a, Aa. ciliares posticae breves; b, A. ciliaris postica longa; c, c', A. und V. ciliaris antica; d, d', A. und V. conjunctivalis posterior; e, e', A. und V. centralis retinae; f, Gefässe der Pialscheide des Sehnerven; g, Gefässe der Duralscheide des Sehnerven; h, V. vorticiosa; i, V. ciliaris postica brevis; k, k, Zweige der Aa. ciliares posticae breves zum Sehnerven; l, Anastomose der Chorioidal-Gefässe mit denen des Sehnerven; m, Choriocapillaris; n, n, episclerale Arterien und Venen; o, A. recurrens chorioid.; p, Querschnitt des Circulus arteriosus iridis major; q, Gefässe der Iris; r, Ciliarfortsatz mit seinen Gefässen; s, Zweig der V. vorticiosa aus der Iris und dem Ciliarfortsatz, in geringer Entfernung abwärts einen Zweig aus dem Ciliarmuskel aufnehmend; t, Zweig der vorderen Ciliarvene aus dem Ciliarmuskel; u, Canalis Schlemmii (in seinen Verbindungen mit den vorderen Ciliarvenen etwas abweichend von dem Leber'schen Original dargestellt); v, Randschlingennetz der Hornhaut; w. A. u. V. conjunctivalis anterior.

durchzogen, die eine freie Beweglichkeit des Bulbus innerhalb der Tenon'schen Kapsel ermöglichen. Etwa von der Gegend des Ansatzes der geraden Augenmuskeln an bis zum Cornealrande wird die Aussenfläche der Sclera von der Conjunctiva überkleidet, die sich continuirlich in die Conjunctiva corneae fortsetzt (s. oben). Die Conjunctiva sclerae besteht aus

Fig. 78.



dem mehrschichtigen Epithel, einer festen bindegewebigen Grundlage und einem lockeren sie an die Sclera heftenden subconjunctivalen Gewebe. An Stelle dieses letzteren tritt allmählig nach hinten zu unter Auflockerung des Gewebes und Reduction auf spärliche Bälkchen der Tenon'sche Raum, der Art, dass sich von letzterem aus die Maschenräume des subconjunctivalen Gewebes füllen lassen.

An Blutgefässen ist die Sclera sehr arm. Man kann dieselben eintheilen 1) in durchtretende Gefässe, welche der Sclera selbst keine Zweige abgeben, sondern für den Uvealtractus bestimmt sind, und 2) in eigene Gefässe der Sclera. Die durchtretenden sondern sich in drei Gruppen. a) Nahe dem Cornealrande wird die Sclera von Zweigen der vorderen Ciliararterien und Ciliarvenen durchbohrt (Fig. 78, c, c'). b) Etwa im Aequator bulbi durchsetzen die vier Venae vorticosae (Fig. 78, h) schräg die Sclera. Sie sind innerhalb ihres Scleralkanals noch von einem perivaskulären Lymphraum umhüllt, der einen Abzugskanal für den Perichorioidalraum darstellt (Schwalbe). c) In der Umgebung des Opticus-Eintritts treten die Aa. ciliares posticae breves (Fig. 78, a) und longae (Fig. 78, b) durch die Sclera hindurch. Die grössere Zahl der kurzen hinteren Ciliararterien durchsetzt lateralwärts vom Opticuseintritt, also etwa in der Gegend des hinteren Augapfelpoles die Sclerotica, nur wenige medianwärts vom Sehnerven. Die langen hinteren Ciliararterien, welche unter einem viel spitzeren Winkel die Sclera durchbohren, finden sich nur zu zwei, eine lateralwärts, eine medianwärts im horizontalen Meridian des Bulbus.

Die eigenen Blutgefässe der Sclera stammen aus einem weitmaschigen episcleralen Gefässnetze (Fig. 78, n, n), welches seine arteriellen Zuflüsse durch feine Zweige der hinteren, besonders aber der vorderen Ciliararterien erhält, während seine feinen Venen vorn in die Venae ciliares anticae, in der Aequatorialgegend des Bulbus in die Venae vorticosae, hinten in kleine selbstständige Stämmchen (Venulae ciliares breves) übergehen (Fig. 78, i), die nur aus der Sclera und dem Sehnerven Blut aufnehmen. — Das episclerale Gefässnetz ist besonders dicht in einer 5 bis 6 mm breiten den Hornhautrand umgebenden Zone. Am hinteren Augenpole geht es in ein ähnliches Netz der Duralscheide des Sehnerven über (Fig. 78, g). Der von Zweigen der Aa. ciliares posticae breves an der Eintrittsstelle des Opticus in die Sclera in letzterer gebildete Circulus arteriosus Zinnii ist bereits oben (S. 120) beschrieben worden. Ueber die eigenthümliche Gefässanordnung an der Verbindungsstelle der Cornea und Sclera s. unten.

Eigentliche Lymphgefässe besitzt die Sclera nicht. Das System der Lymphbahnen ist hier lediglich durch die Saftkanälchen repräsentirt.

Die Nerven der Sclera zerfallen ebenfalls in durchtretende und eigene. Erstere werden durch die in der Umgebung des Opticuseintritts die Sclera durchbohrenden Ciliarnerven repräsentirt (vergl. Neurologie S. 820). Eigene Nerven der Sclera sind zuerst von Helfreich beschrieben, kürzlich von Königstein bestätigt; sie treten von den zwischen Chorioides und Sclera verlaufenden Ciliarnerven als feine Fäden ab. Feine Axenfibrillen innerhalb des vorderen dem Cornealfalz benachbarten Theiles der Sclera beschreibt Waldeyer. Die Endigungsart der Scleralnerven ist unbekannt. Vermuthlich endigen sie in analoger Weise, wie die Stromanerven der Cornea.

Als *Funiculus scleroticae* hat Hannover einen Bindegewebsstrang beschrieben, der im menschlichen Auge an einer der Fovea centralis entsprechenden Stelle die ganze Dicke der Sclera durchziehen und unter Verbreiterung sich mit der äusseren Fläche der Chorioides verbinden soll. Hannover betrachtet diesen Strang als einen Rest der fötalen Augenspalte. Ihm tritt neuerdings Rothholz bei auf Grund ungenügender entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen und einer falschen Auffassung der Glaskörpereinstülpung, die er als von einem cylindrischen Stiele ausgehend beschreibt. Gegen diese entwicklungsgeschichtliche Deutung des von Hannover beschriebenen Gebildes hat schon Köl liker gewichtige Einwände erhoben. Ich selbst muss mich überdies auch gegen die Deutung der Hannover'schen Bilder im entwickelten menschlichen Auge wenden. Es lässt sich leicht zeigen *), dass der Hannover'sche Funiculus nichts Anderes ist, als das Bindegewebe, welches von aussen her einige der Aa. ciliares posticae breves begleitet, senkrecht oder schräg die Eigenfaserung der Sclera durchsetzend, aber an verschiedenen Stellen Bündel in dieselbe abzweigend. Auch entsprechen diese Durchbohrungsstellen hinterer Ciliararterien nicht genau dem Centrum der Fovea centralis, sondern finden sich etwas oberhalb oder unterhalb oder auf beiden Seiten der Fovea. Wie an anderen Stellen, werden auch hier die durchtretenden Gefässe von Pigment begleitet. Ueberdies ist eine meridionale Zone der Sclera vom Eintritt der Ciliararterien bis zum Anfang der Duralscheide des Sehnerven dünner, als die angrenzenden Theile der weissen Augenhaut, weil nämlich das Bündel der auf der lateralen Seite des Sehnerven eintretenden Ciliararterien und Ciliarnerven durch Auflagerung auf die äussere Seite der Sclera ihr Dickenwachsthum beeinflusst. Die betreffenden Gefässe und Nerven liegen in seichten meridionalen Rinnen der Aussenfläche der Sclera. Diese Verdünnung der Sclera lateralwärts vom Sehnerven-Eintritt ist bei fötalen Augen ungleich deutlicher ausgesprochen (Köl liker). Sie bedingt hier (im dritten Fötal-Monat) bei Zunahme des intraocularen Druckes eine leichte Ausbauchung der Sclera, die *Protuberantia foetalis* (v. Ammon).

Eine gesonderte Besprechung verlangt wegen vieler wichtiger Einzelheiten

die Uebergangszone der Cornea zur Sclera,

(der Cornealfalz) und ihre Verbindung mit der Gefässhaut des Auges.

In Betreff der Verbindung der Cornea mit der Sclera wurde bereits oben (S. 147) die Continuität beider Gewebe betont; es wurde ferner hervorgehoben, dass das Scleralgewebe auf der äusseren Oberfläche etwas weiter nach dem vorderen Augenpole zu reicht, als in der Mitte der Dicke der Corneoscleralgrenze, auch gewöhnlich innen etwas über das Cornealgewebe sich vorschiebt, der Art, dass letzteres gewissermassen zwischen zwei vorspringende Ränder der Sclera eingefalzt erscheint (Cornealfalz). Die Hauptunterschiede des weissen derb fibrillären Scleralgewebes und des damit continuirlichen durchsichtigen Hornhautgewebes sind physikalischer Art. Legt man Hornhaut und Sclera in Wasser, so schwillt erstere ganz bedeutend an, während letztere kaum ihr Volum ändert. Morphologisch sind dagegen die Unterschiede von viel geringerer Bedeutung. Faserbündel und Saftkanälchen der Cornea gehen in die entsprechenden Theile der Sclera continuirlich über, nur werden in letzterer die Saftkanälchen enger und treten die circulären Faserbündel deutlicher hervor. Besonders zahlreich stellen sich letztere in der Nachbarschaft der inneren Oberfläche der Corneoscleralgrenze ein.

Diese innere Oberfläche der Corneoscleralgrenze ist nun durch eine Reihe wichtiger Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet, wie Meridionalschnitte (Fig. 79) am besten erkennen lassen. An der Innenfläche des Grenzgebietes zwischen Cornea und Sclera zeigt ein solcher Schnitt eine flachere oder tiefere Einbuchtung, die also der Durchschnitt einer im ganzen Umfang des Auges äquatorial

*) Die betreffenden Präparate waren von Herrn Dr. Zander angefertigt und werden anderweitig von letzterem verwerthet werden.

verlaufenden seichteren oder tieferen Rinne ist, der Scleralrinne (Schlemm, Schwalbe; *Sulcus sclerae internus*) (Fig. 79, Aussenwand von 4). Sie gehört bereits dem Gebiete der Sclera an, welche mit ihrem derben compacten Gewebe die äussere und hintere Wand der Scleralrinne bildet und von dieser hinteren Wand sich noch wulstförmig eine Strecke weit als ein Theil der inneren Begrenzung der Scleralrinne nach vorn und innen hervorwölbt (Scleralwulst, hinterer Grenzring [Schwalbe]) (Fig. 79, 3'). Es ist demnach die Scleralrinne

Fig. 79.

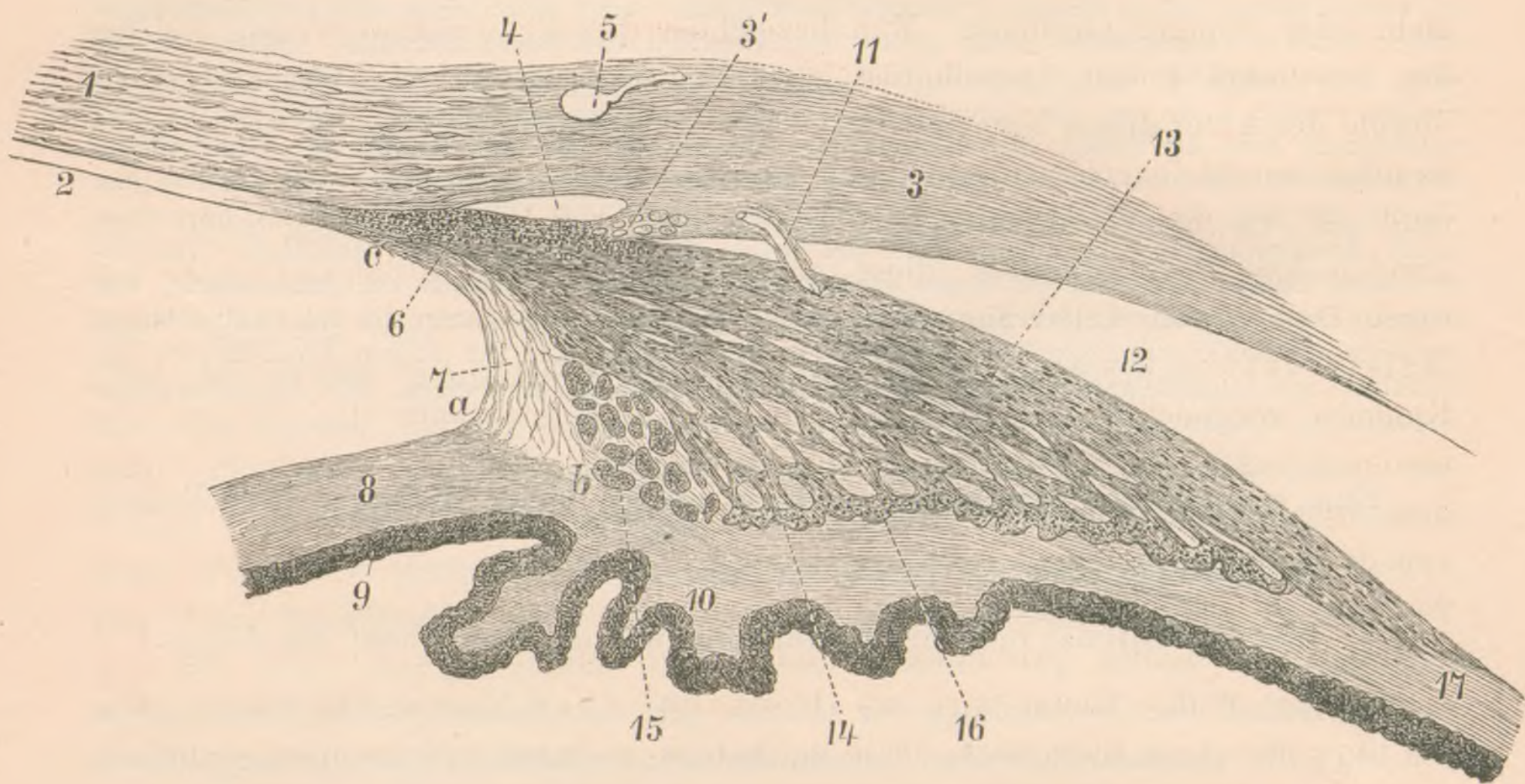


Fig. 79. Meridionalschnitt durch den Ciliarkörper des Menschen.

1, Cornea; 2, Descemet'sche Membran; 3, Sclera; 3', Scleralwulst mit circulären quergeschnittenen Bindegewebsbündeln; 4, Canalis Schlemmii; 5, Venen-Durchschnitt im Gewebe der Sclera; 6, kernreiches Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals; 7, Fontana'scher Raum, vom Gewebe des sog. Lig. pectinatum iridis erfüllt, das Dreieck abc einnehmend; 8, Iris-Stroma; 9, Pigmentepithel der Iris; 10, innere bindegewebige Grenzschicht des Ciliarkörpers, in die bindegewebige Grundlage der Ciliarfortsätze übergehend; 11, aus dem Ciliarmuskel sich entwickelnde vordere Ciliarvene; 12, Perichoroidalraum; 13, meridionale, 14, radiäre Fasern des Ciliarmuskels; 15, Müller'scher Ringmuskel; 16, circuläre Faserlage an der Innenfläche des Ciliarmuskels; 17, Anfang der Chorioides.

im hinteren Abschnitt bereits durch Scleralgewebe überragt, während sie für die vorderen zwei Dritttheile eines gänzlich anderen Gewebes zur Ueberbrückung bedarf, wie gleich des weiteren erörtert werden soll. Durch Abziehen der Gefässhaut des Auges in der Richtung vom hinteren Augenpole zum vorderen wird auch dies die Scleralrinne schliessende Gewebe mit entfernt und somit die Scleralrinne von innen frei gelegt, der makroskopischen Beobachtung zugänglich gemacht. Was nun zunächst den Scleralwulst betrifft, so besteht derselbe überwiegend aus circulären, also an unserem Meridionalschnitt quergetroffenen Bindegewebsbündeln mit reichlich eingemischten elastischen Fasern (Fig. 79, 3'). Nach innen hängt er mit den äusseren Lagen des Ciliarmuskels der Gefässhaut des Augapfels (Fig. 79, 13) zusammen. An dieser Vereinigungsstelle von Scleralwulst und äusseren meridionalen Fasern des Ciliarmuskels finden sich häufig circuläre Muskelfaserzüge, in welche die meridionale Faserung der äusseren Lagen des Ciliarmuskels zum Theil umzubiegen scheint.

Ein vollständiger Abschluss der Scleralrinne zu einem geschlossenen Ringkanal, dem Schlemm'schen Kanale (*Canalis Schlemmii*; Sinus venosus

iridis [Henle], Circulus venosus ciliaris s. Plexus ciliaris [Leber]) (Fig. 79, 4) kommt nun dadurch zu Stande, dass sich der Scleralwulst nach vorn in ein eigenthümliches vielfach gitterförmig durchbrochenes Plattenwerk (Fig. 79, 6) fortsetzt, das schliesslich mit der Descemet'schen Membran der Hornhaut in innige Verbindung tritt. Mit diesem elastischen Plattenwerk steht dann nach innen in continuirlichem Zusammenhang ein eigenthümliches lockeres Gewebe netzförmig verbundener Bindegewebsbalken (Fig. 79, 7), welches den Winkel, den die vordere Augenkammer mit der Iriswurzel bildet (Iriswinkel, Winkel der vorderen Augenkammer) ausfüllt, dessen nach aussen hinten gerichtete Spitze mehr oder weniger abrundet. Man bezeichnet dies Schwamm-Gewebe, welches den Iriswinkel erfüllt, gewöhnlich als Ligamentum pectinatum iridis, obwohl der Autor dieses Namens, Hueck, darunter nur die der vorderen Augenkammer unmittelbar exponirten Theile dieses Gewebes, die sich zwischen Ciliar- rand der Iris und Randtheilen der Descemet'schen Membran ausspannen, verstanden haben wollte; denn diese erscheinen bei den Hufthieren als Reihen regelmässiger vom Ciliarrand der Iris sich erhebender kegelförmiger Fortsätze (Irisfortsätze [Iwanoff und Rollett]; Iriszipfel), der Zähnelung eines Kammes vergleichbar. Bezeichnen wir aber das gesammte den Winkel der vorderen Augenkammer erfüllende Gewebe als Ligamentum pectinatum, so nimmt dies weiche schwammige Gewebe auf dem Meridionalschnitt gewöhnlich eine von drei Seiten begrenzte Fläche ein (Fig. 79, abc), also auf den gesammten Augapfel bezogen einen circular im Iriswinkel die vordere Augenkammer umgreifenden dreiseitig prismatischen Raum *). Dieser vom Gewebe des Lig. pectinatum erfüllte Raum wird als Fontana'scher Raum bezeichnet. Das ihn durchsetzende Balkennetz lässt zahlreiche grössere und kleinere unter einander communicirende Lücken frei, die zwischen den Irisfortsätzen mit der vorderen Augenkammer in offener Verbindung stehen und demnach, wie letztere, von Humor aqueus erfüllt sind. Man kann dies den Winkel der vorderen Augenkammer erfüllende Gewebe einem mit Flüssigkeit durchtränkten Schwamme vergleichen. Beim Menschen ist der von ihm erfüllte Raum verhältnissmässig klein; bei den Hufthieren aber (Rind, Schwein, Pferd) erreicht er eine sehr ansehnliche Entwicklung; es lässt sich da leicht, bei der Nachgiebigkeit des Gewebes, durch Einbohren einer Borste ein Kanal forciren, der in Wirklichkeit nicht existirt (Fontana'scher Kanal) und ebensowenig wie das den Fontana'schen Raum erfüllende Schwammgewebe mit dem Schlemm'schen Kanale des Menschen verwechselt werden darf.

Die Gestalt des Querschnitts vom Fontana'schen Raume wurde oben als dreiseitig bezeichnet. Eine concav ausgehölte Seite (Fig. 79, ac) ist der vorderen Augenkammer zugekehrt (vordere Seite); eine kürzere innere Fläche (Fig. 79 ab) zieht sich auf der Aussenseite des die Iris mit den Ciliarfortsätzen vereinigenden Gewebes entlang, eine dritte längste (äussere hintere) Seite (Fig. 79, bc) erstreckt sich von da bis zum Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanales; die Spitze des Dreieckes endlich trifft entweder spitzwinklig in der Richtung nach dem vorderen Augenpol auf jene innere Wand

*) Von J. Gerlach wird deshalb vorgeschlagen, das Lig. pectinatum als „prismatisch gestaltetes Ringband der Ciliargegend“, als „*Ligamentum annulare bulbi*“ zu bezeichnen.

des Schlemm'schen Kanals oder ist geradezu durch eine kurze vierte äussere Seite ersetzt. Der Winkel zwischen innerer und hinterer äusserer Seite (Fig. 79, abc) des Dreiecks dringt am weitesten äquatorialwärts vor, ist gewissermassen als das letzte Ende der vorderen Augenkammer zu betrachten. Die hintere äussere Seite grenzt in ihrer ganzen Ausdehnung an den Ciliarmuskel und zwar in ihrer inneren Hälfte an die circulären Bündel desselben (an den Müller'schen Ringmuskel) (Fig. 79, 15), in ihrer äusseren Hälfte an die inneren meridionalen Muskelfaserbündel, welche sich demnach zum Theil mit dem Gewebe des Fontana'schen Raumes in Verbindung setzen, so dass man diesen Theil des Balkenwerks als Sehne eines Theiles der meridionalen Ciliarmuskel-Bündel bezeichnen kann. Die Entfernung der vorderen von der hinteren äusseren Fläche des Fontana'schen Raumes ist meist eine geringe, um so geringer, je stumpfer der Winkel zwischen vorderer und innerer Fläche ist.

Der feinere Bau der eben in ihrer Lagerung und in ihren Verbindungen besprochenen Theile zeigt ebenfalls bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. In einer Entfernung von 0,28 bis 0,32 mm vom vorderen zugespitzten Ende des Schlemm'schen Kanals beginnt die innerste Lamelle der Substantia propria corneae ihre Berührung mit der Descemet'schen Membran aufzugeben und sich unter einem spitzen Winkel von letzterer abzuheben, der Art, dass zwischen beiden ein Raum entsteht, welcher von einem sehr eigenthümlichen zellenreichen Gewebe erfüllt wird. Während jene innerste Lamelle der Hornhaut nunmehr in sanfter Biegung continuirlich in die unmittelbar auf der Aussenseite des Schlemm'schen Kanals befindliche Lage der Sclera übergeht, setzt sich jenes zellenreiche Gewebe in das ganz ähnlich beschaffene der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals fort, das dann seinerseits in feste Verbindung mit dem Skleralwulst tritt. Nach innen steht es dagegen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Ciliarmuskel und dem Ligamentum pectinatum, so dass es beim Abziehen der Gefässhaut des Auges in der Richtung vom hinteren zum vorderen Pole dieser Augenhaut folgt, in Verbindung mit dem angrenzenden Stück der Descemet'schen Membran. In der That lehrt die Entwicklungsgeschichte, dass wir in dem besprochenen kernreichen Gewebe der Innenwand des Schlemm'schen Kanals nicht einen Bestandtheil der Faserhaut, sondern der Gefässhaut des Auges vor uns haben (Zanfarino, Angelucci). Derselbe schiebt sich zwischen Substantia propria und Membrana Descemetii in das Gebiet der Hornhaut hinein und hört in der genannten Entfernung vom Schlemm'schen Kanale keilförmig zugespitzt auf. Er bildet somit einen peripheren Bestandtheil der Pars uvealis corneae, die im übrigen Gebiete der Hornhaut nur durch die Descemet'sche Haut und ihr Endothel vertreten ist.

Das Gewebe dieses peripheren Theiles der Pars uvealis corneae besteht nun am freien zugespitzten Rande aus einer circulären Faserung, welche beim Menschen einen elastischen Faserring bildet (Grenzring der Descemet'schen Membran [Schwalbe]), bei vielen Säugethieren aber eine Schicht circulärer starrer äusserst spitzwinklig verflochtener Bündel, deren Substanz trotz der Streifung der elastischen nicht fernsteht. An diesen elastischen Ring schliessen sich äquatorialwärts elastische Fasernetze und gefensterte elastische Membranen an, welche ein Plattenwerk formiren, das den inneren Abschluss des Schlemm'schen Kanals herstellt. Dies elastische Plattenwerk ist locker im vorderen

Theile der Innenwand des Schlemm'schen Kanales, wird um so dichter, je mehr es sich dem mit ihm fest vereinigten Scleralwulste nähert. Zwischen den Platten, als Auskleidung der zwischen ihnen befindlichen capillaren Spalträume befinden sich zahlreiche platte endotheliale Zellen in so grosser Menge, dass dadurch das Gewebe auf Meridionalschnitten ausserordentlich kernreich und von dem Scleralgewebe gänzlich verschieden erscheint. Von der Innenfläche des elastischen Grenzringes und des lockeren Theiles des elastischen Plattenwerks entspringt nun das den sogenannten Fontana'schen Raum erfüllende Gewebe des Ligamentum pectinatum. Dasselbe besteht aus cylindrischen Bindegewebsbalken, die sich unter einander netzförmig verbinden und von Scheiden endothelialer Zellen vollständig umschlossen werden. Bei vielen Thieren (z. B. bei den Hufthieren) sind die Balken deutlich aus Bindegewebsfibrillen aufgebaut, beim Menschen dagegen mehr homogen, starr, der elastischen Substanz verwandt. Beim Menschen zeigen sie im ganzen Gebiet des Fontana'schen Raumes nahezu die gleiche Beschaffenheit, werden nur nach der Iriswurzel zu deutlich fibrillär und weniger resistent. Bei Thieren (besonders bei den Hufthieren) dagegen sind die der vorderen Kammer benachbarten dadurch ausgezeichnet, dass sie sich als breite kegelförmige Gebilde vom Ciliarrande der Iris erheben (Irisfortsätze, Iriszipfel) und erst in geringer Entfernung von der Descemet'schen Membran auf kurze Strecke zu ähnlichen schmalen cylindrischen Gebilden werden, wie die übrigen Balken des Fontana'schen Raumes. Sie erscheinen dann bei Betrachtung von der vorderen Kammer aus wie die Zähne eines Kammes, ein Bild, das zu dem Namen Ligamentum pectinatum Veranlassung gegeben hat (s. oben). Man findet solche Irisfortsätze beim Rind z. B. in 3 Reihen hinter einander.

Bemerkenswerth ist endlich das Verhalten der Descemet'schen Membran zu dem Grenzring und den der vorderen Kammer benachbarten Balken des Ligamentum pectinatum. Bei der Flächenansicht scheinen Grenzring und Descemet'sche Membran und somit auch letztere und elastisches Plattenwerk der Innenwand des Canalis Schlemmii eins zu sein, letzteres gewissermassen eine direkte modificirte Fortsetzung der Membrana Descemetii darstellend. Bei Untersuchung des menschlichen Auges ist es nun in der That schwer, etwas Anderes zu sehen. Dagegen gewähren die Augen besonders der Hufthiere (Rind, Schwein) einen sicheren Aufschluss. Es stellt sich hier unzweifelhaft heraus, dass die Descemet'sche Membran auf die Oberfläche der kurzen cylindrischen Abschnitte der Irisfortsätze glashelle am conischen Theile zugespitzt endende Scheiden abgiebt [Ciaccio, Macdonald] *). So durchbohren also die Spitzen dieser Irisfortsätze die Descemet'sche Membran, um unter circulärer Umbiegung ihrer Fasern direkt in den circulären Grenzring überzugehn. Es erklärt sich diese Eigenthümlichkeit aus der Entwicklungsgeschichte der Descemet'schen Membran. Dieselbe ist eine Cuticularbildung ihrer endothelialen Zellen (Zanfarino, Angelucci). Man muss annehmen, dass dies Endothel noch eine kurze Strecke auf den Irisfortsätzen seine Cuticula bildende Eigenschaft bewahrt hat. Auf den Irisfortsätzen selbst, überhaupt auf dem Balkennetz des

*) Von diesen schon 1875 beschrieben, erst später von Briggs, Königstein, Angelucci, Ranvier.

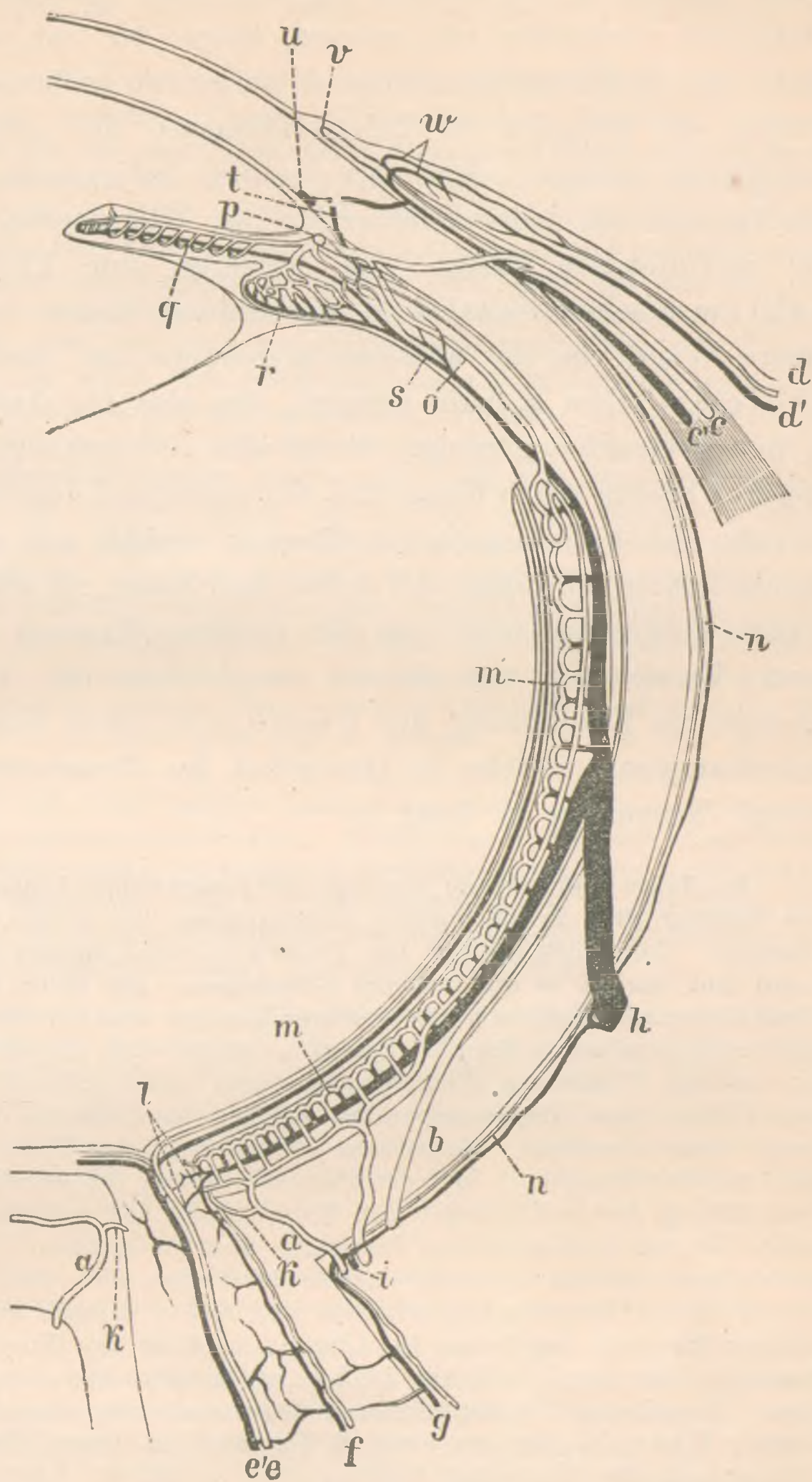
Fontana'schen Raumes haben die Zellen sich schon frühzeitig in elastische Plättchen umgewandelt und somit ihre productive Thätigkeit eingebüsst. — Der Randtheil der Descemet'schen Membran ist demnach ausserhalb der Zone warziger Erhebungen (s. oben S. 162) dadurch ausgezeichnet, dass er den hier sich inserirenden Balken des Lig. pectinatum eine kurze Strecke weit Scheiden abgiebt. Wie diese zugespitzt aufhören, so verliert sich auch die Fortsetzung der Descemet'schen Membran innerhalb jenes Balkenwerks sehr bald unter Zuschärfung. Das Endothel der Descemet'schen Membran endlich setzt sich, indem es sich in der bereits geschilderten Weise verändert, continuirlich auf die Oberfläche der Balken des Fontana'schen Raumes fort, eine Auskleidung der Lücken desselben liefernd.

Es erübrigt schliesslich noch die Beschreibung des Canalis Schlemmii. Auf den meisten Meridionalschnitten erscheint er als ein einfacher Kanal (Fig. 79, 4), der zunächst von einer Endothelmembran ausgekleidet wird. Letztere zeichnet sich vor anderen Endothelauskleidungen dadurch aus, dass sie eigenthümliche netzförmige Verdickungen, oft in der Umgebung der ovalen Kerne, besitzt. An anderen Stellen zerfällt der Kanal durch quere oder schräge Brücken in zwei bis drei Lumina, die sich aber sehr bald hinter diesen zu einem grossen Lumen wieder vereinigen. Letzteres ist überhaupt die Regel, wie man dies besonders an tangentialen und äquatorialen Schnittserien constatiren kann. Auf der Aussenseite des Schlemm'schen Kanals entspringen aus ihm eine Anzahl feiner Gefässe, die sich schräg äquatorialwärts in das Gebiet der Sclera hineinwenden, um sich im Innern derselben mit den aus dem Ciliarmuskel kommenden Zweigen der vorderen Ciliarvenen (Fig. 79, 11) in Verbindung zu setzen, entweder direkt oder unter plexusartiger Vereinigung der betreffenden Gefässbahnen. Das System des Schlemm'schen Kanales mit seinen ableitenden Gefässen ist also den perforirenden vorderen Ciliarvenen seitlich angesetzt, gewissermassen ein geräumiges Divertikel derselben, (0,320 mm langer, 0,048 mm kurzer Durchmesser) bei sehr engen Abzugsbahnen (0,024 mm Durchmesser). Die Eintrittsstelle der Ciliarmuskelvenen in die Sclera findet sich in 0,3 bis 0,4 mm Entfernung nach hinten vom hinteren Rande des Schlemm'schen Kanales. Es ist klar, dass bei dieser Anordnung unter normalen Verhältnissen das Venenblut des Ciliarmuskels nicht seitlich in den Schlemm'schen Kanal ausweichen, sondern an der Mündung seiner Abzugsröhren vorbeifliessen wird. Unter abnormen Verhältnissen dagegen, bei Strangulation, beim Herabhängen des Kopfes, überhaupt bei Stauungen im Gebiet der vorderen Ciliarvenen, wird sich nach und nach eine Füllung mit Venenblut einstellen. Eine solche Einrichtung, ein solcher Recess des Venensystems, der bei normaler Circulation vollständig blutleer ist, der vermöge seiner Weite und engen Communicationen sich erst bei länger anhaltenden Stauungen vollständig mit Blut füllen kann, ist unmöglich als den anderen venösen Bahnen, welche die Rückleitung des venösen Blutes zu besorgen haben, gleichwerthig zu erachten. Mag man also den Schlemm'schen Kanal wegen seiner direkten offenen Communicationen mit den perforirenden Aesten der vorderen Ciliarvenen als Vene oder Venenplexus bezeichnen, so ist damit über seine Bedeutung nichts ausgesagt. Nun ergeben aber Injectionen in die vordere Augenkammer, dass er es vorzugsweise ist, welcher bei Drucksteigerungen in der vorderen Kammer eine Minderung des Druckes durch Aufsaugung des

Fig. 80. Schematische Darstellung der Blutgefäße des Auges. Nach Leber.

Horizontalschnitt; Arterien hell, Venen schwarz.

a, a, Aa. ciliares posticae breves; b, A. ciliaris postica longa; c, c', A. und V. ciliaris antica; d, d', A. und V. conjunctivalis posterior; e, e', A. und V. centralis retinae; f, Gefäße der Pialscheide des Sehnerven; g, Gefäße der Duralscheide des Sehnerven; h, V. vorticiosa; i, V. ciliaris postica brevis; k, k, Zweige der Aa. ciliares posticae breves zum Sehnerven; l, Anastomose der Chorioidal-Gefäße mit denen des Sehnerven; m, Chorio-capillaris; n, n, episclerale Arterien und Venen; o, A. recurrens chorioid.; p, Querschnitt des Circulus arteriosus iridis major; q, Gefäße der Iris; r, Ciliarfortsatz mit seinen Gefäßen; s, Zweig der V. vorticiosa aus der Iris und dem Ciliarfortsatz, in geringer Entfernung abwärts einen Zweig aus dem Ciliarmuskel aufnehmend; t, Zweig der vorderen Ciliarvene aus dem Ciliarmuskel; u, Canalis Schlemmii (in seinen Verbindungen mit den vorderen Ciliarvenen etwas abweichend von dem Leber'schen Original dargestellt); v, Randschlingennetz der Hornhaut; w. A. u. V. conjunctivalis anterior.



nöthigen Quantum Kammerwasser vermittelt. Denn injicirt man in die vordere Kammer nicht diffusible farbige Flüssigkeiten (gelöstes Berliner Blau, Alkannin-Terpentin, Asphalt-Chloroform), so nimmt man sehr bald eine Füllung der vorderen Ciliarvenen ausserhalb des Bulbus sowie des episcleralen Venen-netzes wahr (Schwalbe). Schnitte ergeben, dass die

Injectionssmasse aus der vorderen Kammer zunächst in das Lückensystem des Fontana'schen Raumes gelangt, dasselbe bis zur Basis der Ciliarfortsätze erfüllend, sodann aber durch das Plattenwerk der Innenwand des Schlemm'schen Kanals hindurch in dessen Gefäßlumen eingedrungen ist, von wo aus ihr offene Communicationen mit den vorderen Ciliarvenen zu Gebote standen. Dass im Fontana'schen Raume ein mit der vorderen Kammer communicirendes Lückenswerk vorhanden ist, daran zweifelt Niemand; auch die injicirbaren Spalträume der Innenwand des Schlemm'schen Kanals können nicht bestritten werden; sie gewähren besonders im vorderen inneren Theile desselben einen leichten Durchtritt. Es stände also nur das zarte Endothelhäutchen der Injectionssmasse

im Wege, an dem Oeffnungen bisher nicht mit Sicherheit beobachtet sind. Die Thatsache der Füllung des Schlemm'schen Kanals bei Injection nicht diffusibler Massen in die vordere Augenkammer beweist, dass Einrichtungen für den Durchtritt vorhanden sein müssen, mögen sie nun in offenen Löchern des Endothels oder in Kittsubstanzlinien desselben zu suchen sein, die ja auch an anderen Stellen des Körpers für Injectionsmassen der genannten Art bei Erweiterung durchlässig werden. Eine Erweiterung bedingende Dehnung wird hier während des Lebens bei jeder Contraction des Ciliarmuskels zu Stande kommen, da ja die meridionalen Fasern des letzteren zum Theil mit der Innenwand des Schlemm'schen Kanales in Verbindung stehen. Es wird aber zugleich die innere Wand von der äusseren abgehoben und dadurch ein negativer Druck im Schlemm'schen Kanale erzeugt, der also die Aufsaugung des Kammerwassers in hohem Grade begünstigt. So ist also die Aufsaugung von Kammerwasser durch den Schlemm'schen Kanal und die vorderen Ciliarvenen leicht verständlich. Das Gewebe des Fontana'schen Raumes verhält sich dabei wie ein mit Flüssigkeit durchtränkter Schwamm, der sich in dem Masse, als sein Inhalt vom Schlemm'schen Kanale aufgesaugt wird, aus der vorderen Kammer wieder füllt. Ich möchte die ganze Einrichtung am ehesten vergleichen der von Key und Retzius beschriebenen Einrichtung der Pacchioni'schen Granulationen, ebenfalls kleiner Schwämmchen, welche in Divertikel des Venensystems der Dura hineintauchen (vergl. Neurologie S. 789).

Im Jahre 1869 wurde von mir die merkwürdige Thatsache beschrieben, dass bei Injection von Berliner Blau in die vordere Augenkammer die farbige Masse in die vorderen Ciliarvenen übergeht. Vom Lückensystem des Fontana'schen Raumes dringt sie in den Schlemm'schen Kanal und von da in die vorderen Ciliarvenen. Ich nahm auf diese Beobachtungen hin eine offene Communication zwischen vorderer Kammer und vorderen Ciliarvenen an, vermittelt durch den Schlemm'schen Kanal. Letzteren erklärte ich für einen Lymphraum, der mit Zweigen der vorderen Ciliarvenen direkt communicire, wobei ich nur die Frage nach dem Vorkommen oder Fehlen eines Klappenapparates, welcher den Uebertritt von Blut in den Schlemm'schen Kanal unter normalen Verhältnissen verhindere, offen liess. Es war durch den Injectionsversuch zugleich bewiesen, dass der Hauptabzugsweg für das Kammerwasser im Iriswinkel durch Vermittelung des Schlemm'schen Kanales und der vorderen Ciliarvenen erfolge, eine Thatsache, die von Leber sodann bestätigt, aber in anderer Weise erklärt wurde. Leber vermochte zwar mittelst Injection einer Karminlösung, aber nicht von Berliner Blau, eine Füllung der vorderen Ciliarvenen zu erhalten und stellte deshalb eine offene Communication zwischen vorderer Kammer und Venen in Abrede, erklärte den Vorgang als einen Filtrationsvorgang. Besonders beweisend schienen Leber Injectionen eines Gemisches von Karmin und Berliner Blau. Er sah nur die Karminlösung übertreten, nicht das violette Gemisch. Es beweist dieser Versuch Leber's aber nur, dass es ihm auch in diesem Falle aus mir unbekannten Gründen nicht gelang, die Venen mit Berliner Blau zu füllen. Ich habe seit jener Zeit meine Versuche nicht nur mit Berliner Blau, sondern mit Alkannin-Terpentin, Asphalt-Chloroform wiederholt und meine Angaben nur bestätigt gefunden. Ebenso ist dies Heisrath unter Anwendung aller Cautelen gelungen, sogar mit Suspensionsflüssigkeiten, ferner bei lebenden Thieren. Auch bei der Wiederholung des von Leber vorgeschlagenen Versuches, mit einem Karmin- und Berliner Blau Gemisch zu injiciren, kam er zu dem positiven Resultat, dass allerdings anfangs das leicht diffusible Karmin übertrete, sehr bald aber Berliner Blau nachfolge. Leber's, Königstein's und Anderer negative Angaben können also meinen und Heisrath's positiven Erfolgen gegenüber nichts beweisen. Ich wüsste sonst nicht, wie man dann überhaupt noch auf die Resultate von Injectionen, die mit aller Vorsicht angestellt sind, Werth legen könnte.

Die Thatsache der Injicirbarkeit der vorderen Ciliarvenen von der vorderen Augenkammer aus steht also fest. Ich habe oben auseinandergesetzt, wie ich mir jetzt nach neuen Untersuchungen die Verbindung denke. Demnach erkenne ich im Schlemm'schen Kanale ein Divertikel des Venensystems, das bei normaler Circulation nicht mit Blut erfüllt ist. In der Auffassung des Kanals als eines Divertikels des Venensystems komme ich Henle's Beschreibung am nächsten, der die Verbindung des Sinus venosus der Cornea mit den aus dem Ciliarmuskel kommenden Venen in ganz ähnlicher von der Leber's abweichender Weise schildert,

wie ich es oben gethan *). Auch er lässt diese Venen die Sclera durchsetzen und dabei nach vorn Zweige abgeben, durch welche allein der Sinus venosus mit den Ciliarvenen in Verbindung steht. Henle fasst aber den Sinus „als eine Art von Reservoir für das Blut des Ciliarmuskels“ auf, wobei unverständlich bleibt, was dies Reservoir gerade hier an der dem Ciliarmuskel abgekehrten Seite solle.

Eine wesentliche Differenz zwischen meinen und Leber's Angaben besteht noch darin, dass Leber früher an Stelle des einfachen Canalis Schlemmii einen Plexus venosus ciliaris versetzte, der direkt von den aus dem Ciliarmuskel kommenden Venen gespeist werde und seine Abflüsse nach den episcleralen Venen hin besitze. Leber hat nun allerdings in der Folge zugegeben, dass der grössere Theil des Schlemm'schen Kanales einen einfachen Ringsinus enthalte, schlägt deshalb den Namen Circulus venosus ciliaris als indifferenten Namen vor. Für einzelne Abschnitte des Ringgefässes hält er aber nicht nur den auch von mir anerkannten Zerfall in zwei bis drei Lumina aufrecht, sondern eine weiter gehende plexusartige Auflösung und beruft sich dabei auf eine neuerdings erschienene Arbeit von Königstein. Ich muss dem gegenüber auf meine oben erwähnten tangentialen Schnittserien, denen zahlreiche meridionale und einzelne äquatoriale zur Seite stehen, verweisen. Stets finde ich die Verhältnisse der Kanals, wie sie früher von mir beschrieben wurden, nämlich das grosse einfache oder in zwei bis drei Lumina getheilte Ringgefäss aussen und hinten vom compacten Scleralgewebe umgeben, nach innen in der vorderen Hälfte von der Pars uvealis corneae (s. oben). Bei Constatirung der Lumina des sog. Ciliarplexus auf Meridionalschnitten ist stets diese Beziehung zur Sclera im Auge zu behalten. Ich finde nun aber, dass weder Leber, noch Königstein, die eine grössere Zahl von Venen-Querschnitten an Meridionalschnitten durch die Corneoscleralgrenze abbilden, diese Lage berücksichtigt haben. Ich habe als Schlemm'schen Kanal ganz im Sinne des Entdeckers stets das nach innen von der compacten Sclera gelegene grosse Gefässlumen beschrieben und anfänglich geglaubt, dass Leber's Ciliarplexus gänzlich im Gewebe der Sclera nach aussen vom Schlemm'schen Kanale gelegen, also von ihm gänzlich verschieden sei. Jetzt scheint es mir, dass Leber und Königstein sowohl das grosse Lumen des Schlemm'schen Kanales, als auch einige variable Lumina ausserhalb desselben im compacten Gewebe der Sclera als Ciliarplexus zusammenfassen. Wenigstens ist nirgends in den Zeichnungen dieser Forscher auf die wahre innere Scleralgrenze Rücksicht genommen; ferner konnte ich selbst constatiren, dass die feinen aus dem Schlemm'schen Kanal in die Sclera eindringenden Venen sich sehr häufig in geringer Entfernung von der Aussenwand des Schlemm'schen Kanales, also innerhalb der eigentlichen Sclera plexusartig verbinden.

Nach Allem muss ich also an dem Wesentlichen meiner früheren Angaben festhalten. Ich muss dies auch den Untersuchungen von Knies, Weiss und Ulrich gegenüber, welche behufs Studium des Flüssigkeitswechsels im Auge sich einer zehnprocentigen Lösung von Ferrocyankalium bedienten. Dieselbe wurde entweder in den Glaskörper oder in die vordere Kammer oder subcutan injicirt und nach einiger Zeit ($1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ St.) durch Einlegen des betreffenden Augapfels in eine alkoholische Lösung von Eisenchlorid an Ort und Stelle fixirt. Da diese Methode indessen zur Ermittlung des gesammten Flüssigkeitswechsels im Auge verwerthet wurde, so soll sie erst unten im Kapitel „Lymphbahnen“ im Allgemeinen und in ihren speziellen Ergebnissen kritisirt werden. Ich verweise deshalb auch in Betreff der Aufschlüsse, welche sie scheinbar für die Abflusswege des Kammerwassers lieferte, auf das citirte Kapitel.

Bei den Säugethieren finden sich an Stelle des weiten netzförmigen Venen-Divertikels, welches beim Menschen als Schlemm'scher Kanal bezeichnet wird, hart an der Innenseite der Sclera mehrere kleinere Blutgefässquerschnitte, welche ich früher den übrigen Lücken, in dem hier die Scleralrinne erfüllenden kleinmaschigen Gewebe gleichsetzte und deshalb wie diese für Lymphräume erklärte. Ich halte sie jetzt für Theile eines Gefässgeflechtes, das mit einem anderen Theile seiner Gefässe nach aussen davon in der Substanz der Sclera selbst liegt. Es verdienen diese Gefässe also hier den Leber'schen Namen Plexus ciliaris. Seine Bedeutung, sowie seinen Zusammenhang mit den aus dem Ciliarmuskel die Sclera perforirenden Zweigen fasse ich aber in ganz derselben Weise auf, wie beim Menschen, ebenso seine Verbindung mit der vorderen Kammer, die durch die positiven Injectionsresultate von mir und Heisrath sicher gestellt sind. Bei den Vögeln ist ein einfacher weiter Ringkanal an entsprechender Stelle vorhanden, an den sich aussen der Crampton'sche Muskel ansetzt (Königstein). Einen offenen einfachen Kanal an ähnlicher Stelle fand Angelucci bei Reptilien und Amphibien, bei Fischen dagegen nur einige Blutgefässdurchschnitte.

*) Gefässlehre II. Aufl. S. 360.

2) Die Gefäßshaut, Tunica vasculosa

(Tunica uvea, Traubenhaut, Uvealtractus, Leptomeninx ophthalmencephali).

Die durch ihre dunkle Pigmentirung ausgezeichnete Gefäßshaut des Auges kleidet vom Sehnerveneintritt an bis zum Corneoscleralrande die ganze Innenfläche der Sclera aus und wird in diesem bei weitem grössten Theile ihres Verlaufs als Chorioides (Chorioidea, Aderhaut) bezeichnet (Fig. 81, 6). Am Corneoscleralrande wendet sich die Gefäßshaut stumpfwinklig nach innen und bildet so als eine kreisförmige, im Centrum mit einem ebenfalls kreisförmigen Loche, der Pupille, versehene Membran zusammen mit der Linse, deren vorderer Fläche sich ihr Pupillarrand anlegt, die hintere Begrenzung der vorderen Augenkammer (Fig. 81, 14) und zugleich ein in seiner Oeffnung sehr veränderliches Diaphragma für die auf die vordere Fläche der Linse einfallenden Lichtstrahlen. Dies Diaphragma heisst Iris (Regenbogenhaut) (Fig. 81, 8). Dass eine dünne uveale Lage sich auch auf die Innenfläche der Hornhaut fortsetzt, wurde bereits oben (S. 149) mitgetheilt.

Fig. 81.

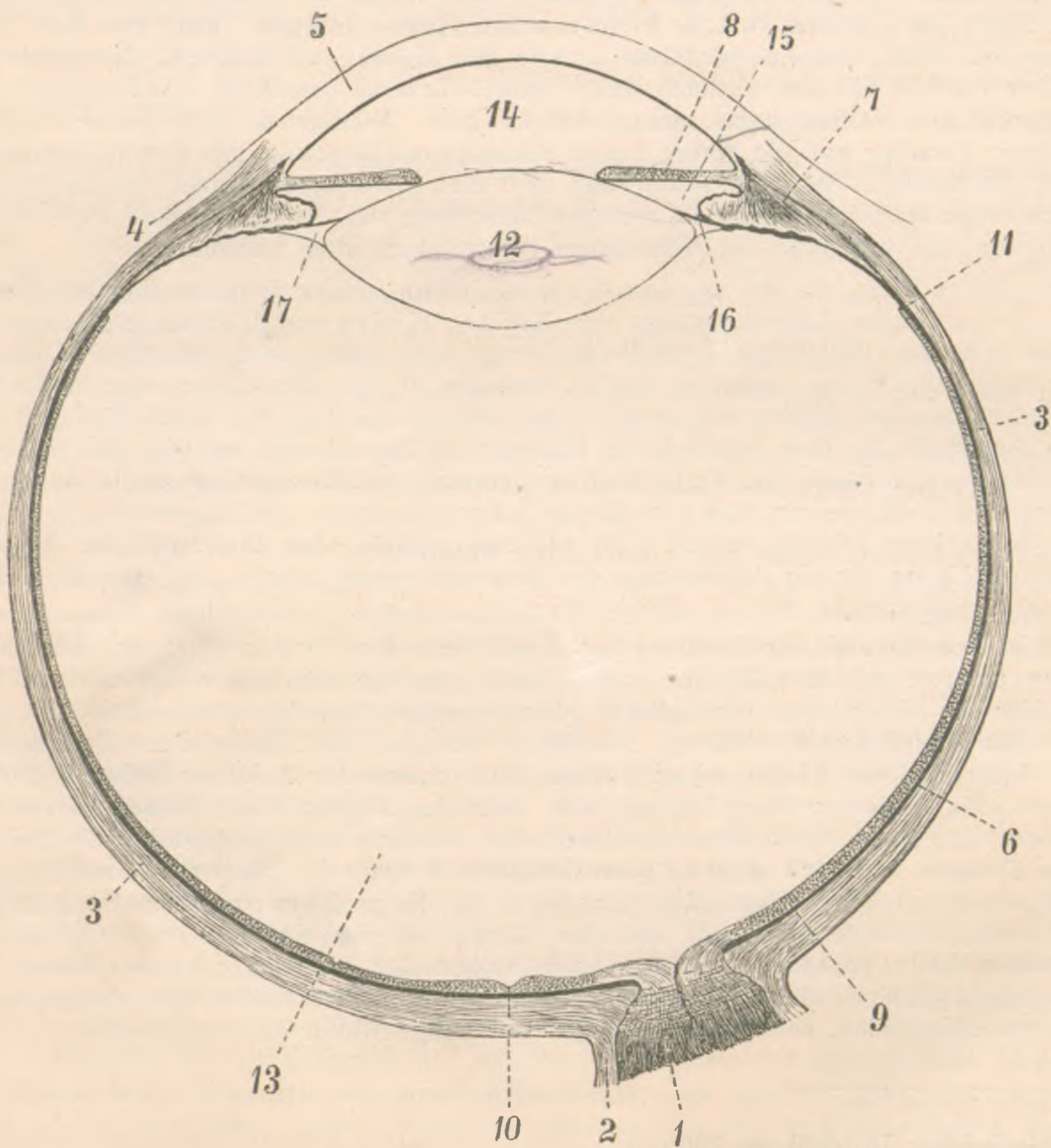


Fig. 81. Horizontalschnitt durch den Augapfel. Mit geringen Modificationen nach Merkel.

1, N. opticus; 2, dessen Duralscheide, in die Sclera übergehend; 3, Sclerotica; 4, Conjunctiva sclerae; 5, Cornea; 6, Chorioides; 7, Ciliarkörper mit den nach innen vorragenden, der Zonula (16) aufliegenden Ciliarfortsätzen; 8, Iris; 9, Retina; 10, deren Fovea centralis; 11, Ora serrata retinae; 12, Linse; 13, Glaskörper; 14, vordere Augenkammer; 15, hintere Augenkammer; 16, Zonula ciliaris; 17) Petit'scher Kanal.

Im Gebiet der Chorioides lassen sich unter Verwerthung der feineren Strukturverhältnisse wieder zwei Bezirke aus einander halten. Unmittelbar vor der Ora serrata retinae beginnen nämlich eigenthümliche Veränderungen des gröberen und feineren Aufbaues der Aderhaut sich einzustellen, von denen die schon makroskopisch sichtbaren 1) in einer zur Iris hin allmählig zunehmenden Verdickung, 2) in der Auflagerung eines Muskels auf die äussere Fläche und 3) in der Entsendung zahlreicher (70) radiärer Fortsätze (*Processus ciliares*) von der inneren Fläche aus, bestehen. Es ist deshalb zweckmässig, diesen ganzen zwischen der Ora serrata und Iris gelegenen Abschnitt der Gefässhaut als *Corpus ciliare*, Ciliarkörper von der eigentlichen Chorioides zu trennen. Wir theilen demnach die Gefässhaut in drei Abschnitte: 1) Chorioides propria, 2) *Corpus ciliare*, 3) Iris. Die beiden ersteren bilden die Chorioides im weiteren Sinne. Fest mit der Sclera verbunden ist die letztere, abgesehen von den Fixationen, welche die durch die Sclera zur Chorioides hindurchtretenden Gefässe und Nerven herbeiführen, nur an zwei Stellen, nämlich 1) vorn am Scleralwulst und dem Plattenwerk der Innenwand des Schlemm'schen Kanals, 2) hinten in der Umgebung des Opticus-Eintritts. Auch im Bereich der Macula lutea haftet die Chorioides ziemlich fest an der Innenseite der Sclera. Alle übrigen Abschnitte sind nur durch ein lockeres flockiges Gewebe (*Suprachorioidea*) (Fig. 82, 4), welches zahlreiche communicirende Hohlräume einschliesst, mit der Innenfläche der Sclera verbunden, sodass sich die Chorioides mit Hinterlassung einer dünnen Schicht dieses flockigen pigmentirten Gewebes auf der Innenfläche der Sclera (*Lamina fusca sclerae*) leicht von der Gegend des Schlemm'schen Kanals bis zum Sehnerven-Eintritt von der Sclera trennen lässt. Das oben erwähnte communicirende Raumsystem zwischen letzterer und der Chorioides wird als *Perichoroidalraum* bezeichnet und gehört zum System der Lymphbahnen des Auges (s. unten).

A) Die Chorioides (*Chorioides propria*, *Chorioidea*, Aderhaut).

Die vordere Grenze der Chorioides entspricht der Ora serrata. Ihre innere Oberfläche ist glatt, häufig noch nach Ablösen der Retina von deren Pigmentepithel streckenweise überzogen; die äussere Oberfläche erscheint dagegen nach Ablösung von der Sclera flockig durch das anhaftende Gewebe der *Suprachorioidea*. Die Farbe der Chorioides ist dunkelrostbraun bis dunkelbraun, ihre Dicke im hinteren Abschnitt des Augapfels 0,05 – 0,08 mm. Am Opticus-Eintritt besitzt die Aderhaut eine kreisrunde Oeffnung (*Foramen opticum chorioideae*) zum Durchtritt der Sehnervenfasern und haftet hier fest an der Sclera. Dass von der Chorioides aus Fortsätze in den Sehnerven eindringen, welche Blutgefässe führen (*Choroidaltheil der Lamina cribrosa*), wurde bereits oben (S. 87) erwähnt.

Was den feineren Bau betrifft, so ist für die eigentliche Chorioides charakteristisch die streng räumliche Sonderung ihrer Capillaren von den zuführenden Arterien und abführenden Venen. Die Capillaren liegen innerhalb einer dünnen pigmentlosen Schicht (*Choriocapillaris*) (Fig. 82, 2) netzförmig ausgebreitet an der inneren Fläche der Chorioides, von dem Pigmentepithel der Retina noch durch eine feine Glaslamelle (Fig. 82, 1) geschieden. Nach aussen von der

Fig. 82.

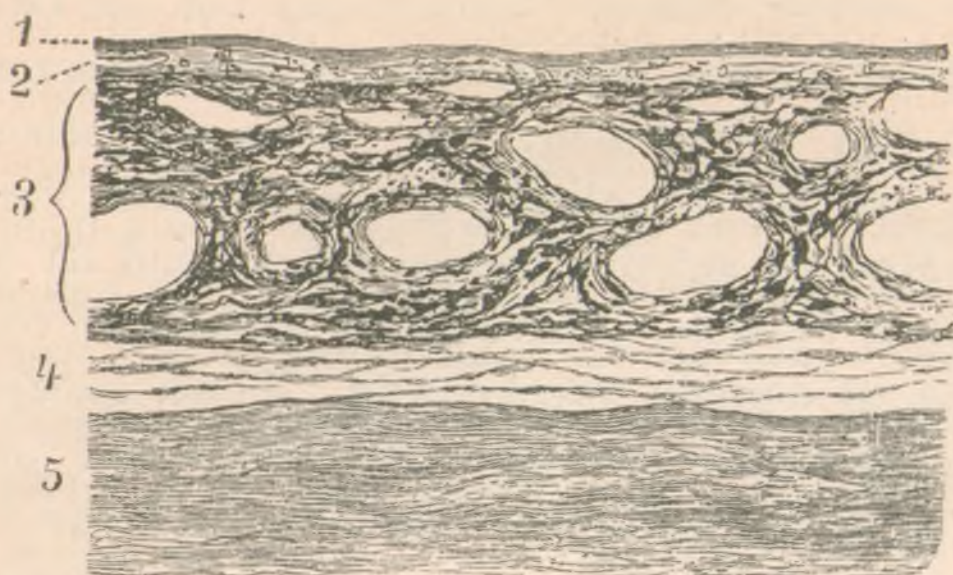


Fig. 82. Durchschnitt durch die Chorioides des menschlichen Auges.

1, Glaslamelle; 2, Choriocapillaris; 3, Grundsubstanz der Chorioides mit Gefäßdurchschnitten; 4, Suprachorioidea; 5, Sclera.

Choriocapillaris wird der bei weitem dickste Theil der Chorioides von den Verästelungen ihrer Arterien und Venen gebildet, welche durch ein stark pigmentirtes lamellöses Gewebe zu einer relativ compacten

Lage, Grundsubstanz der Chorioides (Stroma chorioideae) (Fig. 82, 3) vereinigt werden. Nach aussen geht dieselbe continuirlich in das lockere flockige Gewebe der Suprachorioidea (Fig. 82, 4) über. Wir haben also vier Hauptschichten der Chorioides zu unterscheiden und zwar von aussen nach innen gezählt: 1) die Suprachorioidea, 2) die Grundsubstanz der Chorioides, 3) die Choriocapillaris und 4) die Glaslamelle. Innerhalb der zweiten dieser Schichten werden wir dann wieder mehrere Unterabtheilungen zu unterscheiden haben.

1) Die Suprachorioidea (Membrana suprachorioidea) (Fig. 82, 4).

Das flockige Gewebe der Suprachorioidea, das beim Abziehen der Chorioides von der Sclera zum Theil als Lamina fusca auf letzterer zurückbleibt, besteht aus zahlreichen spitzwinklig sich vereinigenden eigenthümlich gebauten feinen Membranen (Lamellen), deren man an einem Dickendurchschnitt meist fünf bis sechs bis zur Grenze der Chorioidal-Grundsubstanz zählt. Zwischen den sich vereinigenden Membranen findet sich ein System unter einander communicirender Lymphspalten, die perichorioidalen Räume (vergl. Fig. 82). Jede Membran oder Lamelle der Suprachorioidea besitzt als Grundlage ein in der Ebene der betr. Membran ausgebreitetes Netz feiner elastischer Fasern (Fig. 83, 3). Aufgelagert auf dieses Netz sind zahlreiche zerstreute oder gruppenweise neben einander liegende platte pigmentirte Zellen (Fig. 83, 1). Jede derselben enthält

Fig. 83.

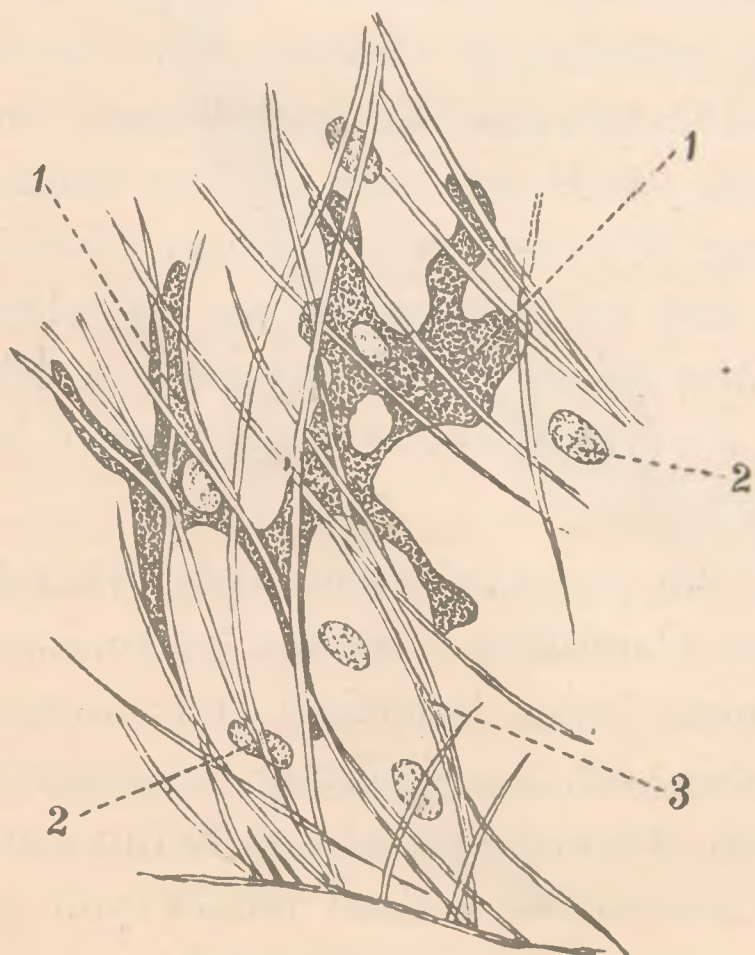


Fig. 83. Stück einer Lamelle der Suprachorioidea des Menschen.

1, 1, sternförmige pigmentirte Zellen; 2, 2, Kerne der bekleidenden Endothelmembran; 3, elastische Fasernetze.

einen farblosen ovalen oder kreisförmig begrenzten Kern, während der eigentliche Zellkörper von zahlreichen heller oder dunkler braunen Pigmentkörnchen erfüllt wird, die durch eine weiche farblose Masse zusammengehalten werden. Letztere erscheint nur da frei von Körnchen, wo die elastischen Fasern die Zellfläche kreuzen. Es verhalten sich die platten pigmentirten Zellen zu dem elastischen Fasernetz gewissermassen so, als wenn sie auf letzterem ausgewalzt wären, sodass sie jeder elastischen Faser entsprechend einen

Eindruck erhalten haben, aus dessen Gebiet die Pigmentkörnchen verdrängt sind. Letztere sind nicht langgestreckt spiessig, wie die des Retinal-Epithels, sondern kurz ellipsoidisch mit abgerundeten Polen. Die Gestalt der Pigmentzellen ist sehr mannigfaltig. Bald sind sie sternförmig mit mehr oder weniger langen an den elastischen Fasern hinkriechenden Fortsätzen (Fig. 83), bald mehr polyedrisch. In letzterem Falle bilden sie Gruppen, deren einzelne Zellen epithelartig neben einander liegen. Letztere Form ist beim Menschen sehr verbreitet, während die weiter verästelten sternförmigen, die nicht selten zu Pigmentnetzen zusammenfliessen, bei den Hufthieren überwiegen. Nicht selten trifft man ausser den vollkommenen kernhaltigen Zellen kleinere kernhaltige Pigmentballen, die möglichenfalls ihre Entstehung Formveränderungen der Pigmentzellen zu verdanken haben, in Folge deren beim Einziehen von Fortsätzen Theilchen an der Unterlage haften geblieben sein können. Als ein dritter Bestandtheil der Suprachorioidal-Lamellen sind scheinbar frei in einer hellen glasigen Grundsubstanz gelegene ellipsoidische Kerne zu erwähnen (Fig. 83, 2). In Wirklichkeit sind dieselben die Kerne eines Endothelhäutchens, welches jedenfalls eine, wahrscheinlich beide Flächen der Lamelle continuirlich überzieht. Man kann solche Häutchen leicht nach Maceration in Müller'scher Lösung vom elastischen Fasernetz sich abheben sehen (Schwalbe). Durch Behandlung mit *Argentum nitricum* lässt sich auf der Oberfläche dieser Endothelmembranen und zwar sowohl auf der Innenseite der Sclera, als auf der Aussenseite der Chorioides an frischen Augen leicht ein Netz schwarzer Silberlinien darstellen, welche polygonale Felder einschliessen, zu deren jedem einer der sog. freien Kerne gehört.

Eigene Gefässe und Nerven besitzt die Suprachorioidea nicht. Es ziehen aber durch dieselbe hindurch 1) in der ganzen Ausdehnung von ihrem Eintritt in der Umgebung des Sehnerven bis zum *Corpus ciliare* die *Nn. ciliares* (s. Neurologie S. 820), 15 bis 18 an Zahl, sowie die beiden *Aa. ciliares posticae longae* (Fig. 80, b); 2) hinten bis zum Eintritt in die Chorioides die *Aa. ciliares posticae breves* (etwa 20 Stämmchen) (Fig. 80, a) und etwa im Aequator des Augapfels die *Venae vorticosae*, gewöhnlich 4 an Zahl (Fig. 80, h). Um alle diese Nerven und Gefässe verdichtet sich das pigmentirte lamelläre Gewebe zu einer Art pigmentirten lamellären Scheide.

2) Die Grundsubstanz der Chorioides (*Stroma chorioideae*, *Chorioidea propria* s. *Tunica vasculosa Halleri*). (Fig. 82, 3).

Sie besteht aus den Verzweigungen der eigenen Arterien und Venen der Chorioides, welche durch zahlreiche dicht an einander gelagerte und unter einander eng verbundene Lamellen mit Pigmentzellen und elastischen Fasern zusammengehalten werden. Befreit man die äussere Fläche der Aderhaut von den Flocken der Suprachorioidea, so heben sich im blutleeren Zustande die Gefässe der Chorioides als helle verzweigte Strassen von der mehr oder weniger dunkel braun pigmentirten verbindenden Substanz ab. Letztere besteht wie die Suprachorioidea aus Lamellen mit elastischen Fasernetzen, Pigmentzellen und Endothelhäutchen. Die Lamellen sind aber viel zahlreicher, ferner sehr innig unter einander und mit den von ihnen umhüllten Gefässen verbunden, sodass dadurch diese Schicht der Chorioides eine bedeutendere Consistenz erhält. Die Pigment-

zellen des Stroma sind stets sehr reichlich verzweigt und meist zu Pigmentnetzen verbunden; epithelähnliche Pigmentzellen kommen nicht vor.

In den äusseren Lagen dieser Schicht finden sich nun die Verzweigungen der grösseren Gefässe, in den inneren die der mittleren und kleinen, welche schliesslich nach innen zahlreiche Verbindungen mit den in der folgenden Schicht, in der Choriocapillaris, ausgebreiteten Capillaren eingehen. Am auffallendsten prägen sich auf der äusseren Fläche des Aderhaut-Stroma die Verzweigungen der Venen aus (Fig. 84). Es sammeln sich nämlich und zwar gewöhnlich an vier etwa im Äquator des Augapfels gelegenen Stellen, welche je um $\frac{1}{4}$ Kreisbogen von einander entfernt sind, ansehnliche Venenstämme, welche das Blut nicht nur aus der eigentlichen Chorioides, sondern auch von vorn her aus dem Ciliarkörper und der Iris abführen. Die Zuflüsse dieser Venen treffen von allen Seiten strahlenförmig auf den sammelnden Hauptstamm, bilden gewissermassen eine den Haarwirbeln vergleichbare Figur, welche zu der Benennung *Venae vorticosae*, Wirbelvenen (*Venae ciliares posticae*) (Fig. 84, 1; Fig. 85, h) Veranlassung gegeben hat. Die vorderen aus dem Ciliarkörper und der Iris kom-

Fig. 84.

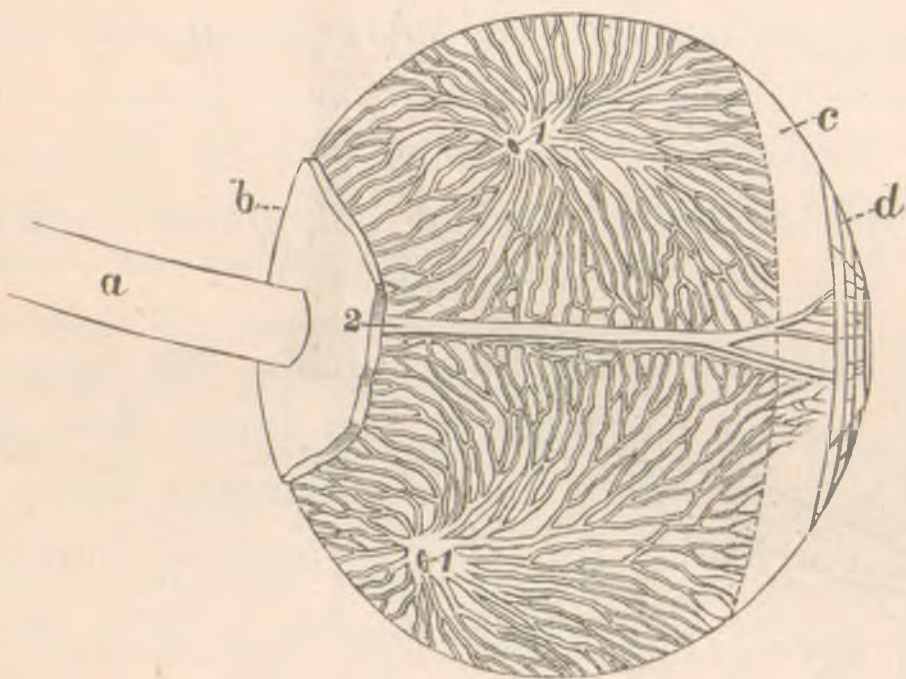


Fig. 84. Ausbreitung der *Venae vorticosae* in der Chorioides. Nach Arnold. $\frac{2}{1}$.

a, N. opticus; b, hinterer Abschnitt der Sclera; c, Ciliarmuskel, welcher die vorderen Fortsetzungen der *Venae vorticosae* verdeckt; d, Iris; 1, Stämme der Vv. vorticosae; 2, A. ciliaris postica longa.

menden Zweige der *Venae vorticosae* verlaufen ziemlich rein radiär zu ihrem äquatorial gelegenen Sammelpunkt, die seitlichen weichen aber, je weiter nach hinten sie einmünden, um so mehr von der radiären Richtung ab, indem sie unter Bildung nach vorn convexer Bögen sich nach hinten

wenden und so die hintere Hälfte der Chorioides mit radiär zum hinteren Pol gerichteten Venenzweigen versehen (Fig. 84). In diesem hinteren Gebiet der Aderhaut, vom Opticuseintritt bis zur Hälfte seines Abstandes von den Sammelstellen der *Venae vorticosae* gerechnet, gehen die Zweige zweier benachbarter Wirbelvenen bogenförmige Verbindungen ein. — Häufig ist der Sammelpunkt eines Wirbelvenensystems in zwei dicht neben einander liegende zuweilen sogar noch zusammenfliessende zerlegt; rücken diese weiter aus einander, so erhält man, was ebenfalls nicht selten ist, Zunahme der Zahl der Wirbelvenen bis auf 5 oder 6, je nachdem eine oder zwei derselben verdoppelt erscheinen. Nach Aufnahme aller ihrer Zweige durchsetzen die Stämme der *Venae vorticosae* zunächst das perichorioidale Raumsystem der Suprachorioidea und dann, von Lamellen der letzteren begleitet, schräg nach hinten die Sclera (Fig. 85, h).

Die *Venae vorticosae* bilden mit ihren Ausstrahlungen in der Umgebung des Augapfeläquators und von da nach vorn bis zur Ora serrata die oberflächliche Lage der Chorioidalgefässe, die sich streckenweise sogar als besondere Schicht abheben lässt. Im hinteren Gebiet der Chorioides dagegen sind die Verzweigungen der kurzen hinteren Ciliararterien (*Aa. ciliares posticae*

Fig. 85. Schematische Darstellung der Blutgefäße des Auges. Nach Leber.

Horizontalschnitt; Arterien hell, Venen schwarz.

a, a, Aa. ciliares posticae breves; b, A. ciliaris postica longa; c, c', A. und V. ciliaris antica; d, d'. A. und V. conjunctivalis posterior; e, e', A. und V. eentralis retinae; f, Gefäße der Pialscheide des Sehnerven; g, Gefäße der Duralscheide des Sehnerven; h, V. vorticiosa; i, V. ciliaris postica brevis; k, k, Zweige des Aa. ciliares posticae breves zum Sehnerven; i, Anastomose der Chorioidal-Gefäße mit denen des Sehnerven; m, Chorio-capillaris; n, n, episclerale Arterien und Venen; o, A. recurrens chorioid; p, Querschnitt des Circulus arteriosus iridis major; q, Gefäße der Iris; r, Ciliarfortsatz mit seinen Gefäßen; s, Zweig der V. vorticiosa aus der Iris und dem Ciliarfortsatz, in geringer Entfernung abwärts einen Zweig aus dem Ciliarmuskel aufnehmend; t, Zweig der vorderen Ciliarvene aus dem Ciliarmuskel; u, Canalis Schlemmii (in seinen Verbindungen mit den vorderen Ciliarvenen etwas abweichend von dem Leber'schen Original dargestellt); v, Randschlingennetz der Hornhaut; w, A. u. V. conjunctivalis anterior.

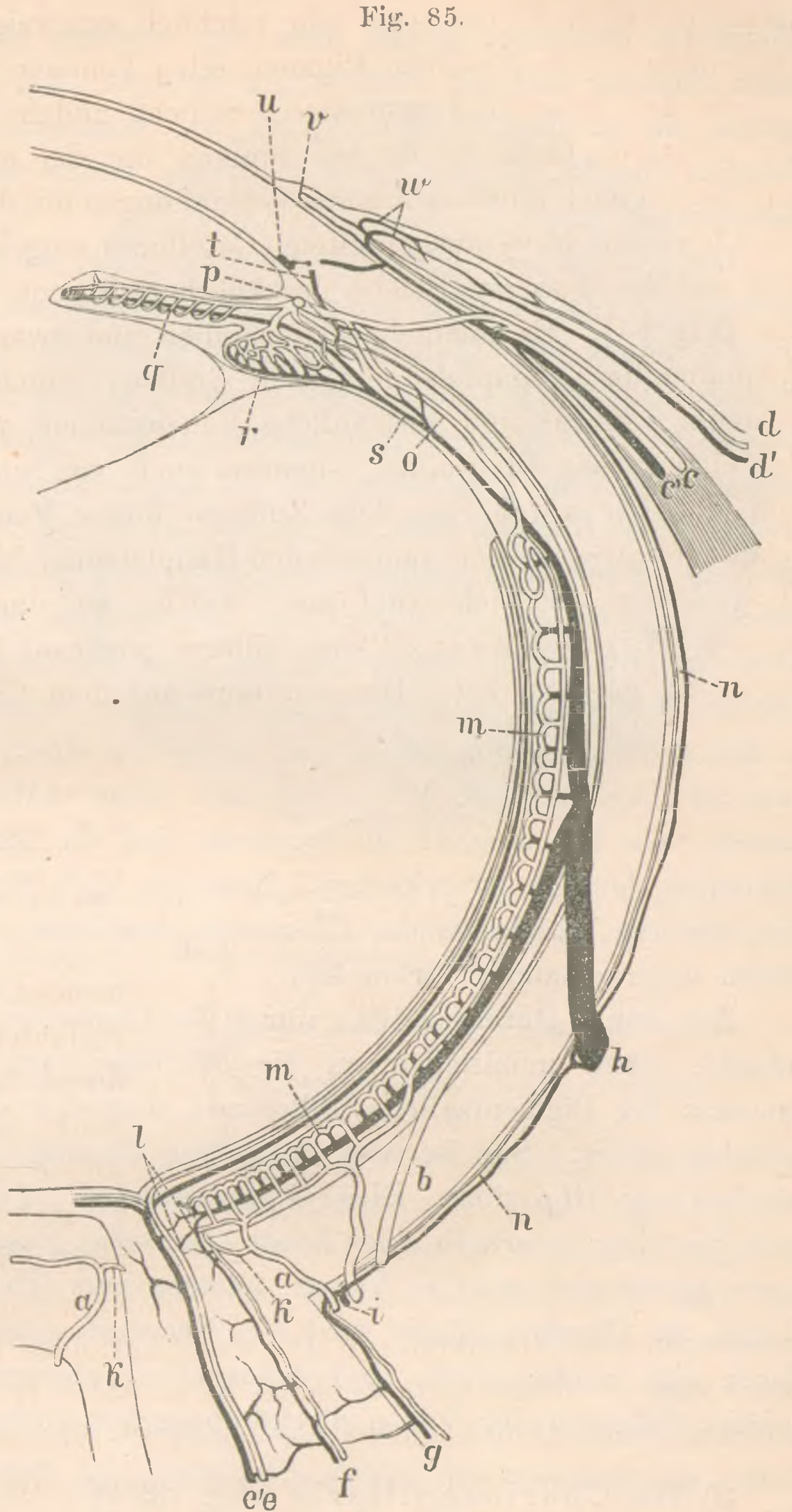


Fig. 85.

breves) in oberflächlicher Schicht gelegen, um bei ihrem Vordringen nach vorn, welches im Allgemeinen unter spitzwinkliger Verzweigung in meridionaler Richtung erfolgt (Fig. 86, 1), sich allmählig in die inneren Lagen einzubetten (Fig. 85, a). Beim Durchtritt dieser Arterien durch die Sclera zählt man deren etwa 20, von denen die Mehrzahl etwa am hinteren Augenpole, also lateralwärts vom Sehnerven eintritt, eine kleinere Anzahl medianwärts von letzterem. Die Aa. ciliares posticae breves sind ausschliesslich für das Capillarnetz der

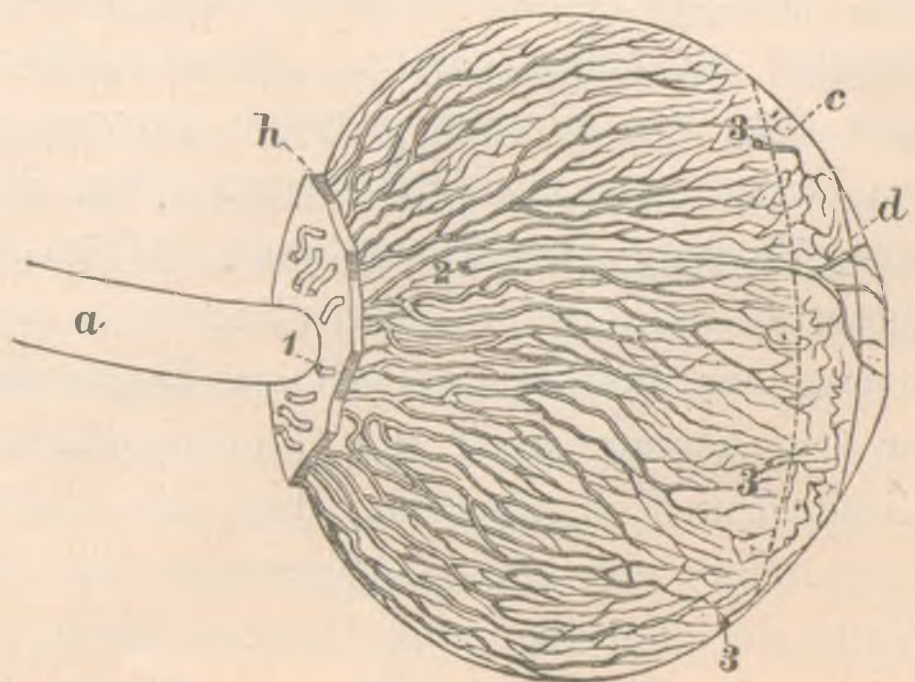


Fig. 86.

Fig. 86. Arterien der Chorioides. Nach Arnold. $\frac{2}{1}$.

a, N. opticus; c, Ciliarmuskel; d, Iris; h, hinterer Abschnitt der Sclera; 1, Aa. ciliares posticae breves; 2, A. ciliaris postica longa; 3, Aa. ciliares anteriores.

Chorioides bestimmt, gehen aber am vorderen Rande derselben Anastomosen unter einander und mit rückläufigen Zweigen (Aa. recurrentes) der Aa. ciliares anticae ein (s. oben) (vergl. Fig. 85, o). Anastomotische Verbindungen zwischen Zweigen der Aa. ciliares posticae breves finden sich überdies im Umkreis des Sehnerven-Eintritts.

Die Venen der Chorioides zeichnen sich vor Allem dadurch aus, dass in geringem Abstände vom inneren das Gefässlumen begrenzenden Endothelrohre ihrer Wandung ein zweites Endothelrohr zukommt (perivasculäre Scheide, [Sattler]), das mit dem ersteren einen perivasculären Lymphraum begrenzt. Aufgelagert auf die perivasculäre Scheide sind überdies eine Anzahl concentrisch angeordneter Bindegewebslamellen mit longitudinaler Fibrillenrichtung (adventitielle Scheide), welche, abgesehen von dem Gehalt an Pigmentzellen, den die Nervenstämmchen umhüllenden perineuralen Lamellen in ihrem feineren Baue gleichen (Neurologie S. 805). Die adventitielle Scheide ist an den kleineren Venen relativ stärker entwickelt, als an den grösseren. — Die Arterien der Chorioides sind mit deutlicher Ring-Muskulatur versehen und überdies, wenigstens in den grösseren Stämmchen, von jederseits einem Streifen glatter Muskelfasern begleitet (H. Müller), und zwar sowohl die Aa. ciliares posticae breves, als die longae; an letzteren sind die beiden seitlichen Muskelstreifen besonders deutlich zu erkennen. Zuweilen sind die Streifen, welche die Arterien des hinteren Abschnitts der Chorioides begleiten, durch Netze glatter Muskelfasern unter einander verbunden.

Auf feinen Durchschnitten durch die Chorioides nimmt man wahr, dass eine schmale innen unmittelbar an die Choriocapillaris grenzende Zone der Grundsubstanz der Pigmentzellen vollkommen entbehrt oder deren nur sehr schwach gefärbte führt. Sie ist von derselben Mächtigkeit wie die Choriocapillaris, nämlich nur $10\ \mu$ dick. Diese Grenzschicht der Grundsubstanz enthält nach Sattler innerhalb eines feinen elastischen Fasernetzes die kleinsten Arterien, sowie kleine und mittlere Venen, letztere zum Theil an ihrer äusseren Grenze. Gegen die Choriocapillaris wird dies Netzwerk nach Sattler's Untersuchungen durch eine continuirliche Endothelmembran abgegrenzt, in welche die perivasculären Scheiden der Venen direkt übergehen sollen.

3) Die Choriocapillaris (Fig. 82, 2).

Die Capillarschicht der Chorioides enthält ein dichtes Netz von Capillaren, welches innerhalb einer homogenen vollständig pigmentfreien Substanz ausgebreitet zu sein scheint. Das Capillarnetz, das von zahlreichen feinen Zweigen der Aa. ciliares posticae breves gespeist wird, erstreckt sich vom Opticus-Eintritt bis zur Ora serrata (Fig. 85, m), wo es entsprechend dieser mit unregelmässig gezacktem Rande aufhört (Fig. 87, a bei b). Es ist also für die eigentliche Chorioides charakteristisch und jedenfalls vorzugsweise für die Ernährung der äusseren gefässlosen Lagen der Retina bestimmt, mit deren Ende an der Ora serrata auch die Choriocapillaris ihr Ende erreicht. Auch stimmt mit dieser Function überein, dass die Capillarmaschen im Gebiet der Macula lutea besonders eng sind. Abgesehen von dieser Stelle nimmt im Allgemeinen die Weite der Maschen vom Opticuseintritt bis zur Ora serrata zu, besonders in meridionaler Richtung, sodass die Maschen, je weiter nach vorn, um so länger

Fig. 87.



Fig. 88.

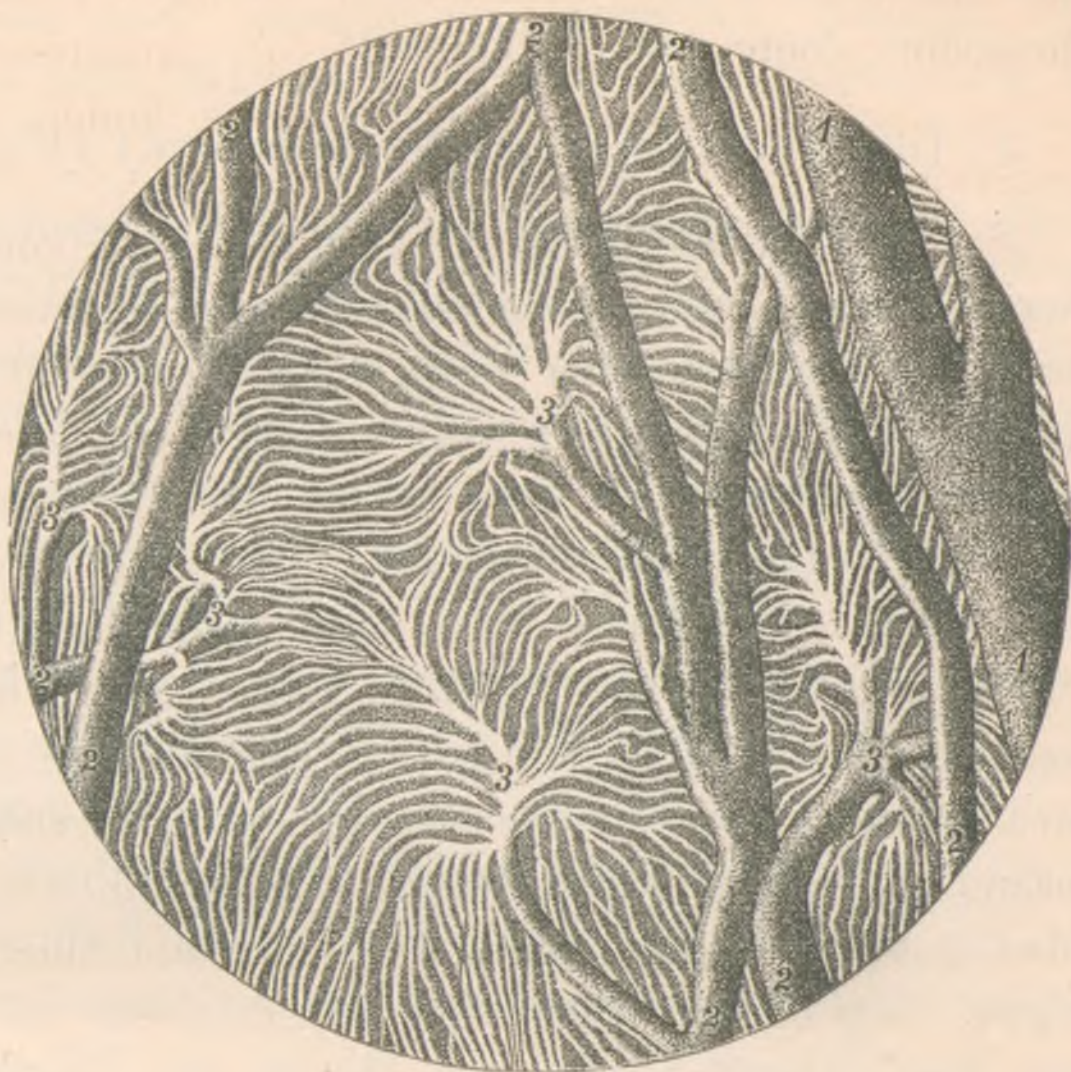


Fig. 87. Gefässe der Chorioides und Iris eines Kindes, von innen. Nach Arnold. $10/1$.
 a, Choriocapillaris; b, Ora serrata; c, Venen des Orbiculus ciliaris; d, Gefässe der Ciliarfortsätze; e, Venen des Ciliartheils der Iris; f, Gefässe der Pupillarzone der Iris.

Fig. 88. Ursprung der Venen der Chorioides aus den Capillaren der Choriocapillaris.

1, grössere Vene; 2, 2, kleinere Venenzweige; 3, 3, Entstehung der Venen aus den Capillaren.

gestreckt erscheinen, während sie in der Umgebung des Sehnerveneintritts mehr rundlich gestaltet sind (Leber). Bei den Säugethieren mit einem sog. Tapetum (s. unten) bilden die Capillaren regelmässige unter einander zusammenhängende Sternfiguren, deren Centren den zuführenden kleinen Arterien oder den abführenden kleinen Venen entsprechen, während die Radien durch Capillaren gebildet werden. Diese sog. *Stellulae vasculosae* (Winslowii) sind beim Menschen nicht deutlich ausgebildet (vergl. Fig. 88, 3). Am Foramen opticum chorioidis hängen die Capillaren mit denen des Sehnerven zusammen (s. oben S. 120).

Die Zwischenräume zwischen den Capillaren erscheinen homogen, strukturlos, an Präparaten aus Müller'scher Lösung von einer fein punktierten Substanz erfüllt, die nur unmittelbar neben den Capillaren schmale lichte Säume freilässt, in denen sich zuweilen Wanderzellen finden (Sattler). Diese lichten Säume dürfen aber, obwohl spärliche adventitielle Zellen auch an der Oberfläche der Capillaren vorkommen, nach Sattler nicht als perivaskuläre Kanäle gedeutet werden. Vielmehr entsprechen die gesamten Capillarzweischenräume den perivaskulären Kanälen der Chorioidalvenen, mit welchen sie direkt communiciren, da deren adventitielle Endothelscheide nach Sattler continuirlich in das der Aussenfläche der Choriocapillaris unmittelbar anliegende Endothelhäutchen übergeht. Sattler denkt sich die Capillarinterstitien mit einer strukturlosen weichen Substanz erfüllt, die von Gewebsflüssigkeit besonders reichlich in der Nachbarschaft der Capillarwand durchtränkt ist, wodurch die lichten perivas-

culäre Kanäle vortäuschenden Säume ihre Erklärung finden würden. Wanderzellen finden sich normaler Weise nicht in der Choriocapillaris, sind aber im myopischen Auge stets vorhanden.

4) Die Glaslamelle (Basalmembran) (Fig. 82, 1).

Sie ist eine homogene, bis $2\ \mu$ dicke, strukturlose Schicht, welche mit der Choriocapillaris innig zusammenhängt, doch nicht untrennbar; denn es gelingt sowohl auf mechanischem Wege, als auf chemischem durch Behandlung der Aderhaut mit Kali oder Schwefelsäure Fetzen der Glashaut zu erhalten, welche die Neigung besitzen, sich nach innen umzurollen (H. Müller). Zuweilen lassen sich zwei Lagen in ihr erkennen, deren äussere der Choriocapillaris anliegende dann durch eine feine netz- oder gitterförmige Zeichnung ausgezeichnet ist (Iwanoff, Sattler). Gröbere polygonale Kelderung auf der Innenfläche der Membran ist auf Abdrücke des Pigment-Epithels der Netzhaut zurück zu führen. Im höheren Alter erleidet die Glaslamelle gewöhnlich eine bedeutende Verdickung, theils in Form flacher Plaques, theils von kugelig-drüsigen Massen (Wedl, H. Müller), wobei nicht selten Kalkconcremente zur Ablagerung gelangen. Durch die Entstehung der halbkugeligen Vorsprünge der Glaslamelle wird das Pigment-Epithel der Retina im höheren Alter vielfach alterirt oder sogar zerstört (H. Müller).

Endigung der Schichten der Chorioides am Foramen opticum.

An der Eintrittsstelle des Sehnerven geht die Glaslamelle der Chorioides bis an den Rand des Eintrittsloches heran, ja schlägt sich sogar zuweilen eine Strecke weit nach innen um (Kuhnt). Die Choriocapillaris dagegen erreicht nach Kuhnt den Rand des Sehnervenloches nicht, ebensowenig wie die Schicht der kleinen Gefässe. Dass aber trotzdem eine Capillarverbindung mit den Gefässen des Sehnerven hier besteht, hat Leber nachgewiesen (vergl. oben S. 120). — Die Stromalamellen der Chorioides verfilzen sich in der Umgebung des Opticus mit einer Lage circulär das Foramen opticum umkreisender Bündel, welche andererseits in die Pialscheide des Opticus sich fortsetzt. Die Suprachorioidea endlich verliert ihre lockere Beschaffenheit; ihre Lamellen verbinden sich inniger, ihre Spalträume werden feiner. Damit wird dann aber zugleich eine innigere Anheftung der Chorioides an die Sclera zu Stande gebracht. Endlich ist die Pigmentirung sowohl des Stroma als der Suprachorioidea im Umkreise des Opticus eine intensivere.

Nerven der Chorioides.

Die 2 bis 3 langen und 8 — 14 kurzen Ciliarnerven (vergl. Neurologie S. 820) verlaufen nach Durchbohrung der Sclera im suprachorioidalen Gewebe nach vorn zum Ciliarkörper, um hier einerseits in die Zweige für die Hornhaut, andererseits in die für den Ciliarmuskel und die Iris zu zerfallen. Auf ihrem Wege geben sie für die hintere Hälfte der Chorioides bis zu den Vasa vortiosa eine Anzahl feiner aus markhaltigen und marklosen Nervenfasern bestehender Aestchen ab, welche zunächst innerhalb des suprachorioidalen Gewebes einen Plexus bilden, in welchen Ganglienzellen einzeln oder gruppenweise eingelagert

sind (H. Müller, Schweigger). Aus diesem Plexus zweigen sich feine Zweige markloser Nervenfasern ab und begeben sich zu den Arterien, stellenweise an der Oberfläche dieser noch einzelne Ganglienzellen führend. Die eigenen Nerven der Chorioides sind für die Muskulatur ihrer Arterien bestimmt, also Vasomotoren.

Hällsten und Tigerstedt beschrieben, gestützt auf Silberimprägnationen der Chorioides des Kaninchens, aus der Aderhaut zunächst dieses letzteren Thieres eine flächenhaft ausgebreitete Lage glatter Muskelfasern, welche vom Foramen opticum bis zur Ora serrata und darüber hinaus unmittelbar nach aussen von der Choriocapillaris liegen sollte, als *Musculus chorioideae*. Derselbe sollte auch beim Menschen, Hunde, bei der Katze und Taube nachzuweisen sein. Nach Fürst ist die von den genannten Forschern als Silber-Kittsubstanzfärbung glatten Muskelgewebes angesprochene Zeichnung nichts Anderes als die Silberzeichnung der Endothelgrenzen der weiten hier einander sehr nahe liegenden Chorioidalvenen. Bei den Vögeln ist dagegen durch v. Wittich eine Lage ein Maschennetz bildender quergestreifter Muskelfasern im hinteren Gebiet der Chorioides nachgewiesen.

Perivasculäre Scheiden um die Capillaren der Chorioides beschreibt Morano, während Sattler dieselben in Abrede stellt. Letzterer lässt das elastische Fasernetz auf der Aussenseite der Choriocapillaris nicht nur durch das oben erwähnte innere Endothel, sondern auch durch ein äusseres Endothel abgegrenzt sein. — Iwanoff's Angabe, dass die Zwischenräume zwischen den Capillaren der Choriocapillaris von einem äusserst feinen Netzwerk erfüllt seien, wird von Sattler in Abrede gestellt, nach dessen Ansicht vielmehr die Capillar-Interstitien mit den perivasculären Räumen der Venen communiciren. — An der Ora serrata fand Sattler nicht selten zwischen Glaslamelle und gewöhnlicher Capillarschicht ein zweites Netzwerk sehr dünner Capillaren.

Bei vielen Säugethieren findet sich im Hintergrunde des Auges die Chorioides in eigenthümlicher Weise modificirt, innerhalb eines grossen Gebietes in eine metallisch glänzende irisirende Membran umgewandelt, welche durch Reflexion des Lichtes das Leuchten der betr. Augen hervorbringt. Man nennt diesen umgewandelten Bezirk der Aderhaut *Tapetum* (*Tapetum lucidum*). Er ist überdies dadurch schon äusserlich charakterisirt, dass auf ihm die Epithelschicht der Retina arm an Pigment ist oder meist sogar, abgesehen vom Randgebiete des Tapetum, des Pigments völlig entbehrt. Was den feineren Bau des Tapetum betrifft, so hat man zwei verschiedene Typen zu unterscheiden: das *Tapetum fibrosum* und *cellulosum* (Brücke). Das *Tapetum fibrosum* findet sich bei Wiederkäuern, beim Pferde, Elephanten, Cetaceen und Beutelhieren. Die Licht reflectirende Schicht wird hier durch wellige Bindegewebsfibrillenbündel, die sich in den verschiedensten Richtungen durchflechten, hergestellt. Sie finden sich an Stelle des unmittelbar auf der Aussenseite der Choriocapillaris gelegenen zarten elastischen Netzwerks und sind diesem homologe Bildungen (Sattler). Das Tapetum selbst ist gefässlos, wird aber von den feinen zur Choriocapillaris ziehenden Arterien und Venen durchsetzt. Die zweite Form des Tapetum, das *Tapetum cellulosum* findet sich bei den Raubthieren und Robben und hat als Elemente der Licht reflectirenden Schicht zahlreiche in mehreren Lagen (5 bis 6) auf einander geschichtete platte Zellen, die innerhalb ihrer Substanz zahlreiche feine spiessige farblose Krystalle (M. Schultze) reihenweis angeordnet enthalten. Diese „Tapetalzellen“ liegen unmittelbar nach aussen von Sattler's subcapillärer Endothelschicht und werden von Sattler für modificirte Endothelzellen gehalten.

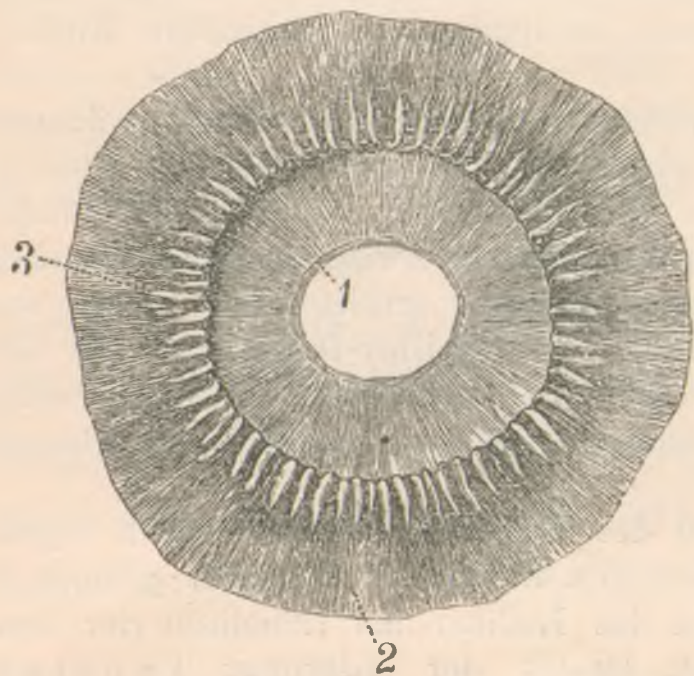
Durch Imprägnation mit Ricinusöl, Färbung mit Ueberosmiumsäure und Corrosion vermochte Altmann aus der Chorioides des Rindes dichte schwarz gefärbte Fettnetze zu isoliren, die seiner Ansicht nach unmittelbar nach aussen von der Choriocapillaris gelegen sind und von ihm als Lymphcapillarnetze gedeutet werden.

B) Das Corpus ciliare (Ciliarkörper).

Zum Ciliarkörper rechnen wir den Bezirk der *Tunica uvea*, welcher zwischen der Ora serrata retinae und dem Ciliarrande (äusseren Rande) der Iris gelegen ist (vergl. Fig. 81). Der Ciliarkörper zerfällt in natürlichster Weise in drei Unterabtheilungen. Die erste derselben bildet eine ringförmige unmittelbar nach vorn von der Ora serrata gelegene Zone von 4 mm Breite (Fig. 81, vor 11; Fig. 89, 2), welche, wie der gesammte Ciliarkörper, innen von der Pars ciliaris retinae überzogen wird. Sie ist gegenüber dem folgenden Abschnitt des Ciliarkörpers durch nur geringe Dickenzunahme der Aderhaut charakterisirt, von der eigentlichen Chorioides durch das Auftreten sehr feiner in meridionaler Richtung

verlaufender leistenförmiger Erhebungen der inneren Oberfläche schon makroskopisch verschieden. Man nennt dies Gebiet, welches also von der Ora serrata bis zum Beginn der eigentlichen Ciliarfortsätze reicht, *Orbiculus ciliaris*. An der vorderen Grenze des *Orbiculus ciliaris* fließen die feinen Leisten seiner inneren Oberfläche zu drei bis vier zusammen und bilden dadurch einen rasch nach vorn an Höhe zunehmenden, blattförmigen meridionalen Vorsprung der Innenfläche, einen *Processus ciliaris* (Fig. 81, nach oben und aussen von 16; Fig. 89, 3). Solcher bis 1 mm hoher Fortsätze zählt man im ganzen Umfange des Augapfels durchschnittlich siebzig. Der Theil der Uvea, von dessen Innenfläche

Fig. 89.

Fig. 89. Corpus ciliare und Iris von hinten gesehen. $\frac{2}{1}$.

1, hintere Fläche der Iris; 2, *Orbiculus ciliaris*; 3, *Processus ciliares*.

die Ciliarfortsätze sich erheben und der nach vorn bis zum Ciliarrande der Iris reicht, ist überdies noch durch seine auffallende Verdickung bis auf 1 mm charakterisirt. Diese vom vorderen Ende des *Orbiculus ciliaris* bis zum Irisanfang allmählig zunehmende Verdickung bedingt, dass der die Ciliarfortsätze umfassende Theil des Ciliarkörpers

(*Corpus ciliare* im engeren Sinne [Henle] *Corona ciliaris*) ein am Meridionalschnitt dreiseitiges Feld einnimmt, das, abgesehen von den frei vorspringenden Ciliarfortsätzen und einem diesen als Ausgangspunkt dienenden continuirlichem inneren Bindegewebssaume (von 0,08 mm Dicke), von einem organischen Muskel, dem *Musculus ciliaris* (Fig. 81, 7), ausgefüllt wird.

Es empfiehlt sich, die Beschreibung der drei angeführten Bestandtheile des Ciliarkörpers, nämlich des *Orbiculus ciliaris*, der Ciliarfortsätze und des Ciliarmuskels gesondert vorzunehmen.

1) Der *Orbiculus ciliaris* [Henle] (*Pars non plicata corp. ciliaris*) ist soeben in seiner Ausdehnung und seinen makroskopischen Eigenthümlichkeiten geschildert worden. Mikroskopisch ist er von der Chorioides durch das Fehlen der Choriocapillaris auffallend unterschieden (vergl. Fig. 87, b u. c). Der vordere Rand der letzteren entspricht also etwa dem vorderen Rande der Stäbchen- und Zapfenschicht, für deren Ernährung die Choriocapillaris zunächst bestimmt ist. Vorn dagegen geht der *Orbiculus ciliaris* in das Bindegewebe der Ciliarfortsätze und ihrer basalen Bindegewebslage continuirlich über und wird aussen allmählig von glatten Muskelbündeln überlagert (Fig. 90, bei 17), die nach vorn an Mächtigkeit zunehmen und die Anfänge des Ciliarmuskels darstellen. So sind die Bindegewebsschicht an der Innenseite des Ciliarmuskels (Fig. 90, 10) und die von ihr sich erhebenden *Processus ciliares* als eigentliche Fortsetzung der Chorioides anzusehen, während der Ciliarmuskel (Fig. 90, 13–16) gewissermassen als eine zwischen Stroma und Suprachorioidea eingeschobene Auflagerung auf die äussere Fläche erscheint. Damit steht auch zum Theil die Gefässvertheilung im Einklang, die wenigstens mit Rücksicht auf die venösen Bahnen sich für einen Theil des Ciliarmuskels selbstständig durch die vorderen Ciliarvenen ge-

staltet (Fig. 80, t), während Iris und Ciliarfortsätze längs der inneren Fläche des Ciliarmuskels ihr Blut durch zahlreiche meridional verlaufende Venen nach hinten in das Gebiet der Chorioides führen, wo diese Venen dann zu den Venae vorticosae convergiren (Fig. 80, r, s; Fig. 87, c, d, e). Abgesehen von der oben hervorgehobenen negativen Eigenschaft, dem Fehlen der Choriocapillaris, ist der Orbicular ciliaris von der eigentlichen Chorioides noch gut unterschieden durch das Auftreten reichlicherer Mengen fibrillären Bindegewebes, dessen Bündel,

Fig. 90.

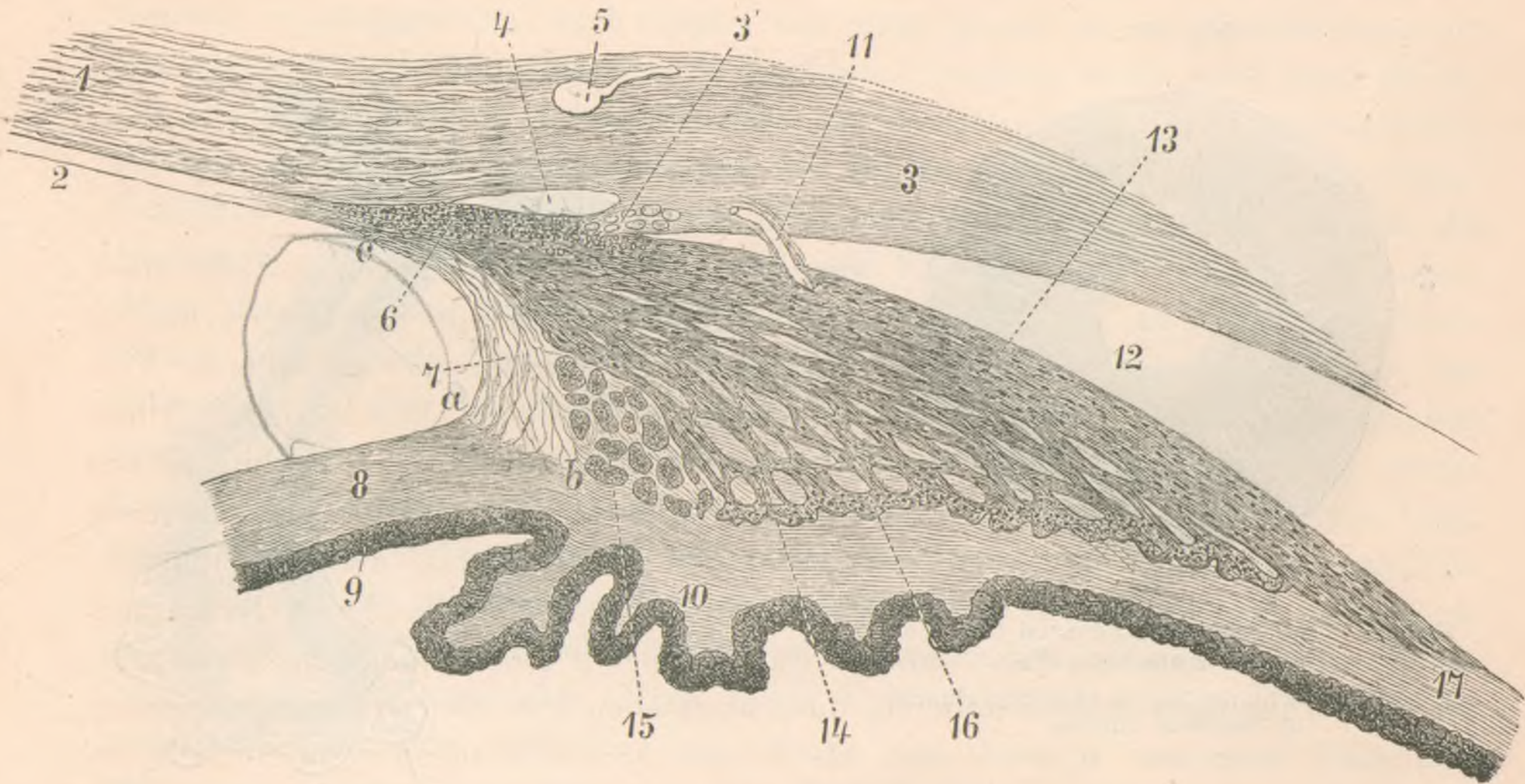


Fig. 90. Meridionalschnitt durch den Ciliarkörper des Menschen.

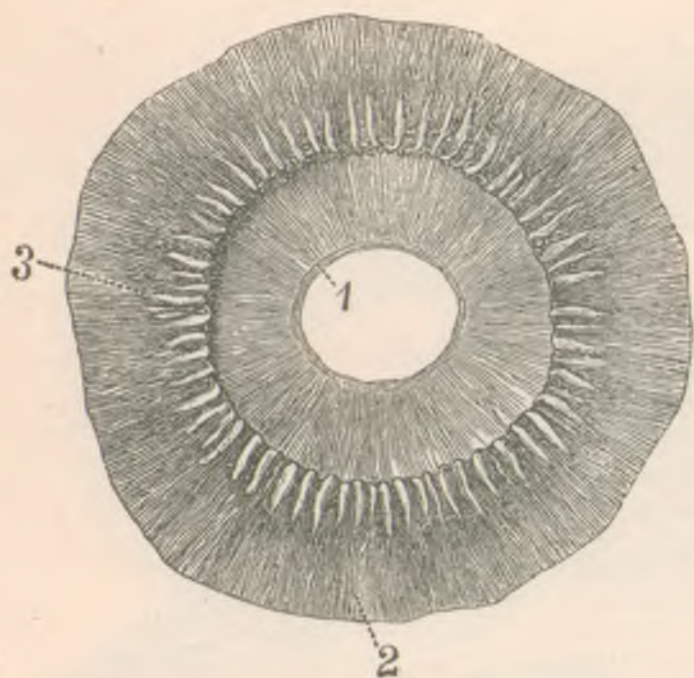
1, Cornea; 2, Descemet'sche Membran; 3, Sclera; 3', Scleralwulst mit circulären quergeschnittenen Bindegewebsbündeln; 4, Canalis Schlemmii; 5, Venen-Durchschnitt im Gewebe der Sclera; 6, kernreiches Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals; 7, Fontana'scher Raum, vom Gewebe des sog. Lig. pectinatum iridis erfüllt, das Dreieck abc einnehmend; 8, Iris-Stroma; 9, Pigmentepithel der Iris; 10, innere bindegewebige Grenzschicht des Ciliarkörpers, in die bindegewebige Grundlage der Ciliarfortsätze übergehend; 11, aus dem Ciliarmuskel sich entwickelnde vordere Ciliarvene; 12, Perichoroidalraum; 13, meridionale, 14, radiäre Fasern des Ciliarmuskels; 15, Müller'scher Ringmuskel; 16, circuläre Faserlage an der Innenfläche des Ciliarmuskels; 17, Anfang der Chorioides.

wie die zahlreichen Gefässe ebenfalls in meridionaler Richtung verlaufen, und endlich durch die Veränderungen im Oberflächen-Relief der Glaslamelle. Die Glaslamelle zeigt nämlich von der Gegend der Ora serrata an auf ihrer Innenseite eigenthümliche netzförmig angeordnete Verdickungen, gitterförmige Vorsprünge, welche unregelmässige im hinteren Theile grosse, nach vorn immer enger werdende (bis 0,02 mm Breite) Maschen einschliessen (H. Müller). In diesen Nischen haftet das Pigmentepithel der Pars ciliaris retinae fester, als an den vorspringenden Leisten. Von den übrigen Schichten der Chorioides hört ausser der Choriocapillaris nur noch das nach innen von letzterer gelegene Endothelhäutchen auf, während das feine elastische Netzwerk sich in sehr dünner Lage auf den Orbicular ciliaris fortsetzt (Sattler). Sämmtliche Venen des Orbicular sind mit perivascularären Scheiden und bindegewebiger adventitieller Hülle versehen; überdies bestehen noch die oben schon erwähnten meridionalen Bindegewebsbündel daneben als selbstständige Bildungen.

2) Die Ciliarfortsätze (Processus ciliares, Plicae ciliares) sind meridionale Falten der Innenfläche des Ciliarkörpers von 2 bis 3 mm meridionaler

Ausdehnung, von 0,12 mm Breite und 0,8 bis 1 mm Höhe. Sie convergiren in Folge ihrer meridionalen Richtung nach dem vorderen Pole zu, bilden also, von hinten betrachtet, einen Kranz radiärer Falten um den Aussenrand der Iris (Fig. 91, 3). Ihre Zahl beträgt durchschnittlich siebzig. Sie entstehen, wie oben schon erwähnt wurde, durch das Zusammentreten von drei bis vier der feinen Leistchen des Orbiculus ciliaris und erheben sich dann rasch zu ihrer definitiven Höhe, deren Maximum etwa gegenüber dem Linsenrande gelegen ist. Man kann an jedem der Ciliarfortsätze den mit der Innenfläche des Ciliarmuskelgebiets

Fig. 91.

Fig. 91. Corpus ciliare und Iris von hinten gesehen. $\frac{2}{1}$.

1, hintere Fläche der Iris; 1, Orbiculus ciliaris;
3, Processus ciliares.

Fig. 92.

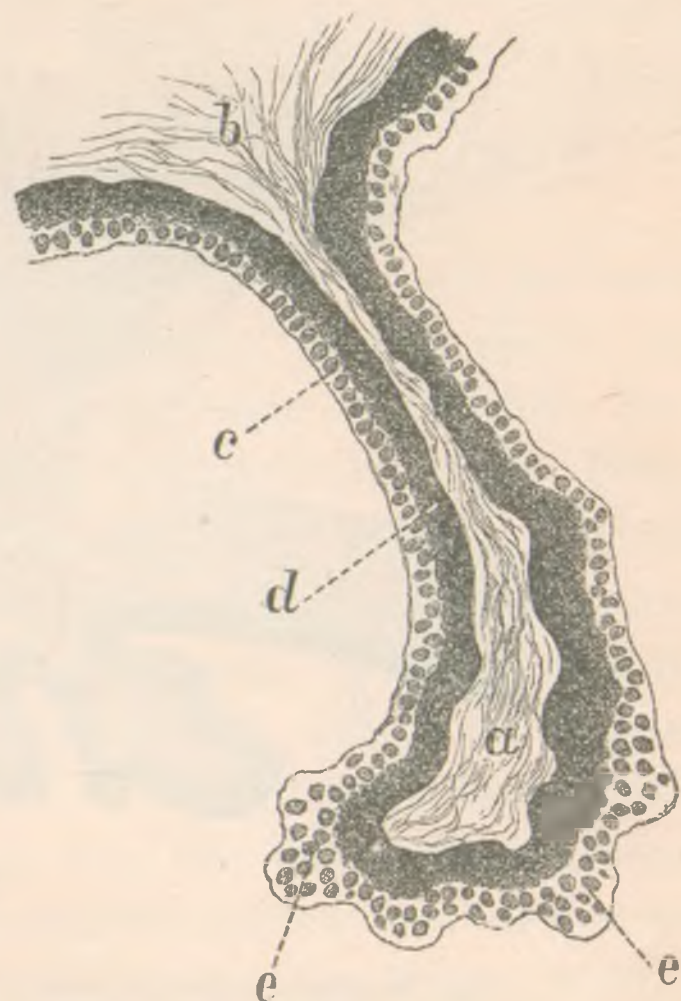


Fig. 92. Durchschnitt durch einen Ciliarfortsatz senkrecht zu dessen Längsaxe.

a, Bindegewebe, bei b von der inneren bindegewebigen Lage des Ciliarkörpers ausgehend; c, farbloses Epithel der Pars ciliaris retinae; d, Pigmentschicht der Pars ciliaris retinae; e, e, Anschwellungen des farblosen Epithels, welche zum Theil auf Flächenansichten eines von seiner Unterlage abgeschnittenen Theiles zurückzuführen sind.

verwachsenen Rand als Wurzel (Fig. 92, b) von dem freien Rande oder ihrer Firste (Kante; Fig. 92, e, e) unterscheiden. Letztere zerfällt in zwei Abschnitte (Fig. 93), einen längeren hinteren, welcher in die Thäler der Zonula eingesenkt und hier mit letzterer Membran verwachsen ist und einen kürzeren vorderen frontal gestellten, der frei der hinteren Augenkammer bzw. der hinteren Fläche der Iris zugekehrt ist. Die Stelle, an welcher beide sich unter abgerundetem spitzen Winkel vereinigen und welche zugleich der grössten Erhebung des Ciliarfortsatzes entspricht, heisst Spitze des Ciliarfortsatzes (vergl. Fig. 93). Beide oben erwähnten Theile der Firste sind mit secundären Erhebungen und Vertiefungen versehen, ebenso wie die beiden Seitenflächen eines Fortsatzes Ausbuchtungen und Einbuchtungen in mannigfacher Weise erkennen lassen. Entfernt man die Zonula mit Linse und Glaskörper in der oben (S. 136) angegebenen Weise vom Ciliarkörper, so folgt gewöhnlich derjenige Theil des Pigmentepithels der Retina, welcher den Gipfeln der Ciliarfortsätze entspricht, der Zonula, bleibt auf letzterer haften, sodass nun die vom Pigmentepithel befreiten hellen Firsten der Ciliarfortsätze sich scharf von den dunklen Thälern abheben. Letztere entsprechen den Kuhnt'schen radiären Divertikeln der hinteren Augen-

kammer (s. oben S. 141). Ausser den eben beschriebenen grösseren Ciliarfortsätzen erheben sich von den Thälern zwischen letzteren aus, wie man besonders deutlich an Aequatorialschnitten wahrnimmt, in unregelmässiger Weise feine niedrigere Fältchen, die als *Plicae ciliares* (Krause) bezeichnet zu werden pflegen. Sie sind die Fortsetzungen feiner Falten des Orbiculus ciliaris, soweit diese nicht in den Anfang der Ciliarfortsätze übergehen.

Viel umstritten ist die Lage der Spitze der Ciliarfortsätze zum Linsenrande. Nach der Meinung von Henle und Becker berühren diese Spitzen den Linsenrand nicht, sondern halten sich auch im lebenden Auge in etwa 0,5 mm Entfernung von demselben; auch liegen sie nicht genau in der Frontalebene des Linsenrandes (also Aequatorialebene der Linse), sondern etwas nach vorn davon. Henle's Untersuchungen beziehen sich auf die Betrachtung der vorderen Hälfte frischer im Aequator halbirter Augen von hinten her. Er sah zwischen Ciliarfortsätzen und Linsenrand hindurch die hintere Fläche der Iris. Gegen die Einwände und Meinungen von Henke und Klebs, dass es sich am toten Auge um retrahierte Fortsätze handle, überdies um eine im Aequatorialdurchmesser verkleinerte Linse, dass dagegen im lebenden Auge die Spitzen der Ciliarfortsätze über den Rand der Linse auf deren vordere Fläche vorgeschoben seien, führt Henle Becker's Untersuchungen an Augen von Albinos an, welche in Uebereinstimmung mit Henle's, Becker's, Arlt's Angaben eine Lage der Ciliarfortsatz-Spitzen aussen und etwas nach vorn vom Linsenrande ergaben.

Was endlich den feineren Bau der Ciliarfortsätze betrifft, so sind sie leistenartige Erhebungen der Schicht fibrillären Bindegewebes, welche die Innenfläche des Ciliarmuskels überzieht. Nach innen wird dies Bindegewebsgerüst von der Glaslamelle bekleidet, die hier eine Dicke von 3—4 μ erreichen kann und auf deren Innenseite wiederum der Ciliartheil der Retina sich befindet. Die Ciliarfortsätze sind überdies durch ihren Gefässreichthum ausgezeichnet (vergl. Fig. 87). Ihre Arterien stammen aus dem Circulus arteriosus iridis major (Fig. 85, p; s. unten) und müssen, um zum vorderen Abschnitt der Ciliarfortsätze, in welchen sie eintreten, zu gelangen, einen Theil des Ciliarmuskels durchsetzen. Bald wird nur ein Ciliarfortsatz von einer kleinen Arterie versorgt, bald zwei oder mehr von einer stärkeren (Leber). Innerhalb des Fortsatzes lösen sich die arteriellen Zweige in zahlreiche netzförmig verbundene feine capillare Gefässe auf, aus denen sich allmählig unter Erweiterung Venennetze (Fig. 85, r) entwickeln. Aus letzteren entstehen für jeden Ciliarfortsatz mehrere meridional nach hinten verlaufende kleine Venen (Fig. 85, s), die dann in der beschriebenen Weise längs der Innenfläche des Orbiculus ciliaris zur Chorioides gelangen, um dort auf der äusseren Oberfläche den Vortex-Venen sich zuzuwenden.

3) Der Ciliarmuskel (*Musculus ciliaris*). Das Feld, welches an Meridionalschnitten des Ciliarkörpers von den Bündeln des Ciliarmuskels erfüllt wird, ist von dreiseitiger Gestalt, sodass der *Musculus ciliaris* im ganzen Umfange des Augapfels ein kreisförmiges dreiseitig-prismatisches Band darstellt, das schon mit unbewaffnetem Auge durch seine Pigmentarmuth sich von dem übrigen Theile der Uvea als grauweisse Auflagerung auf deren Aussenseite deutlich abzeichnet. Auf seiner inneren Oberfläche hat der Ciliarmuskel die continuirliche Bindegewebsschicht, von der sich die Ciliarfortsätze erheben

(Fig. 93, 10), auf seiner äusseren Seite bis zum Scleralwulst des Schlemm'schen Kanales (s. oben) lockeres suprachorioideales Gewebe, dessen Lamellen allerdings hier an Zahl abgenommen haben (in Fig. 93, bei 12 als freier Spalt-raum dargestellt, der künstlich erweitert ist). In diesem Gewebe ziehen die Aa. ciliares longae nach vorn (Fig. 85, b), um sich unter Theilung mit zwei divergirenden Aesten in den Muskel einzusenken und durch ihn hindurch zu seinem vorderen Rande, also in die Nachbarschaft der Iris-Wurzel zu gelangen,

Fig. 93.

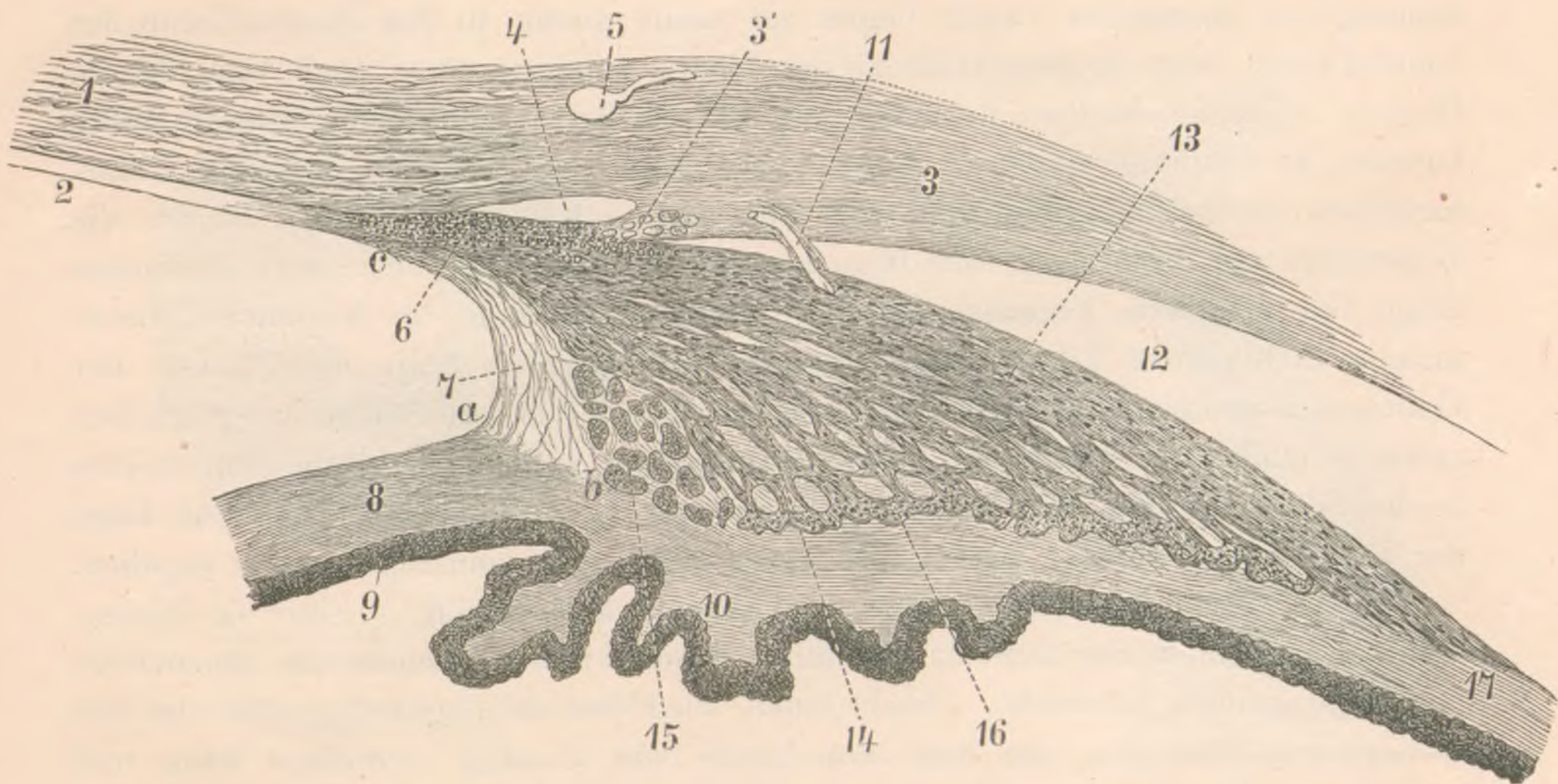


Fig. 93. Meridionalschnitt durch den Ciliarkörper des Menschen.

1, Cornea; 2, Descemet'sche Membran; 3, Sclera; 3', Scleralwulst mit circulären quergeschnittenen Bindegewebsbündeln; 4, Canalis Schlemmii; 5, Venen-Durchschnitt im Gewebe der Sclera; 6, kernreiches Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals; 7, Fontana'scher Raum, vom Gewebe des sog. Lig. pectinatum iridis erfüllt, das Dreieck abc einnehmend; 8, Iris-Stroma; 9, Pigmentepithel der Iris; 10, innere bindegewebige Grenzschicht des Ciliarkörpers, in die bindegewebige Grundlage der Ciliarfortsätze übergehend; 11, aus dem Ciliarmuskel sich entwickelnde vordere Ciliarvene; 12, Perichoroidalraum; 13, meridionale, 14, radiäre Fasern des Ciliarmuskels; 15, Müller'scher Ringmuskel; 16, circuläre Faserlage an der Innenfläche des Ciliarmuskels; 17, Anfang der Chorioides.

wo sie unter Verbindung mit den ebenfalls das vordere Ende des Ciliarmuskels durchsetzenden vorderen Ciliararterien den Circulus arteriosus iridis major (Fig. 85, p) bilden. Das Dreieck, welches der Ciliarmuskel in Meridionalschnitten erfüllt, kann als ein rechtwinkliges bezeichnet werden mit lang ausgezogenem hinteren spitzen Winkel (Fig. 93 bei 17). Die Seiten sind eine längste äussere, zugleich Hypotenuse des Dreiecks (Fig. 93 unterhalb 12), eine lange innere, von der die Ciliarfortsätze sich erheben (Fig. 93, von 17 bis b) und eine kurze vordere, welche der vorderen Augenkammer bzw. der Iriswurzel zugewendet ist (Fig. 93, von b nach 4). Der rechte Winkel wird von den beiden letzt genannten Seiten eingeschlossen, ist demnach der innere vordere Winkel des Dreiecks, während der äussere vordere Winkel nach dem Schlemm'schen Kanale zu gerichtet ist. Da dieser letztere Winkel, obwohl ein spitzer, sich sehr einem rechten nähert, so genügt eine Vermehrung der Muskelfasern an der vorderen Seite in der Nähe des vorderen inneren Winkels, um diesen in einen spitzen, den vorderen äusseren in einen rechten umzuwandeln. — Das so umschriebene Dreieck ist nun nicht vollständig von Muskelbündeln ausgefüllt.

Letztere, aus glatten Muskelfasern aufgebaut, sind vielmehr besonders im inneren Theile des Dreiecks von Bindegewebszügen vielfach durchflochten (Fig. 93, bei 14, 15), sodass die Muskelbalken ein Netz bilden, dessen Maschen in den äusseren Partien dieses inneren Bezirks mehr langgestreckt, in den inneren rundlich gefunden werden. Der äussere der Hypotenuse entsprechende, an die Suprachorioidea grenzende Bezirk des Dreiecks zeigt dagegen die Muskelbalken viel compacter angeordnet (Fig. 93, 12), nur durch spärliche Bindegewebszüge getrennt. — Mit Rücksicht auf den Verlauf der Muskelfasern im Ciliarmuskel kann man mit Iwanoff 3 Abtheilungen unterscheiden: 1) Im äusseren der Hypotenuse entsprechenden Gebiet des Muskels verlaufen zahlreiche Muskelbündel parallel dieser Seite des Dreiecks, also meridional (Fig. 93, 13), von dem Scleralwulst (Fig. 93, 3') nach hinten bis in das Gebiet des Orbiculus ciliaris reichend. Die Länge dieser Bündel nimmt von aussen nach innen allmählig ab, zugleich sieht man, je weiter nach innen, um so mehr die jetzt netzförmig verflochtenen Muskelbalken die rein meridionale Richtung gegen eine radial zur inneren Seite des Dreiecks gerichtete umtauschen. Je weiter nach vorn, um so weniger spitzwinklig treffen die Muskelbündel auf die innere Seite des Dreiecks und bilden somit in diesem ganzen Bezirk eine zweite Abtheilung des Muskels, 2) den radiären Theil Iwanoff's (Fig. 93, 16). Während die Mehrzahl der Fasern des meridional gefaserten Abschnitts ihre Insertion am Scleralwulst finden, strahlen die Fasernetze dieses radiären Theiles divergent von dem Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals (s. oben S. 174; Fig. 93, 6), das also zum Theil als Sehne unseres Muskels betrachtet werden kann, zur ganzen inneren Seite des Dreiecks aus. 3) Abgesehen von diesen beiden Faserrichtungen, die am hinteren spitzen Winkel des Dreiecks und an der Aussenseite desselben continuirlich in einander übergehen, ist noch eine dritte Faserrichtung, die circuläre, vertreten. Die stärksten circulären Faserzüge finden sich längs der kurzen vorderen Seite des Dreiecks und im vorderen inneren Winkel (Fig. 93, 15). Diese circulären Bündel sind von H. Müller entdeckt und werden auch wohl als Müller'scher Ringmuskel vom übrigen Theile des Muskels, dem von Brücke und Bowman entdeckten Tensor chorioideae (Fig. 93, 13 und 14) unterschieden. Der Müller'sche Ringmuskel bezeichnet aber nicht die einzige Stelle des Ciliarmuskeldreiecks, in welcher circuläre Fasern vorkommen. Sämmtliche radiäre Bündel biegen, an der inneren Fläche des Muskels angelangt, in circuläre Richtung um (F. Schulze) und bilden so ein mehr oder weniger ausgedehntes circuläres Muskelgeflecht an dieser inneren Fläche (Fig. 93, 16), das vorn an die compacteren circulären Bündel der Müller'schen Portion grenzt.

Häufig sind individuelle Verschiedenheiten im inneren Aufbau des Ciliarmuskels. Nach Iwanoff finden sich zwei extreme Formen. Die eine, besonders häufig im Auge von Myopen, ist durch das Fehlen der circulären Fasern ausgezeichnet. Da letztere nun normaler Weise besonders am vorderen inneren Winkel des Muskeldreiecks sich finden, so bedingt dieser Mangel die Umwandlung des genannten Winkels in einen stumpfen. Das entgegengesetzte Extrem, sehr starke Ausbildung der circulären Muskelfasern, findet sich besonders häufig, aber nicht immer, in hypermetropischen Augen. Die starke Ausbildung des Müller'schen Ringmuskels wandelt den vorderen inneren Winkel in einen hervortretenden abgerundeten spitzen um.

Der durch den Ciliarmuskel hindurchziehenden Gefässe ist schon oben (S. 194) Erwähnung gethan. Die eigenen Arterien des Ciliarmuskels stammen aus den hindurchtretenden langen hinteren Ciliararterien und aus den Aa. ciliares anticae, welche beide einen etwas hinter dem Circulus arteriosus iridis gelegenen unvollständigen Anastomosenkranz (Circulus arteriosus musculi ciliaris) bilden (Leber), aus dem die feineren arteriellen Gefässe des Ciliarmuskels entstehen. Das Venenblut des Muskels hat einen doppelten Abfluss, 1) nach innen und hinten zu den Sammelvenen der Ciliarfortsätze, 2) nach aussen zu den vorderen Ciliarvenen (s. oben S. 190) (vergl. Fig. 85).

Die Nerven des Ciliarmuskels stammen aus den Ciliarnerven, die nach ihrem langen Verlauf zwischen Sclera und Uvea sich in den Ciliarmuskel einsenken und hier ein Geflecht bilden (Orbicular [gangliosus] ciliaris von W. Krause), aus dem sich einwärts die Nerven für die Iris, auswärts für die Cornea (s. oben S. 165) entwickeln. Dies Geflecht enthält an seinen gröberen und feineren Stämmchen multipolare meist birnförmig gestaltete Ganglienzellen von ungefähr $12\ \mu$ Durchmesser, entweder einzeln oder zu 2 bis 3 gruppenweise seinen Zweigen angelagert (H. Müller, W. Krause). Aus dem Plexus zweigen sich feine Fäden ab, deren Enden im Muskel unbekannt sind. Nach H. Müller und W. Krause kommen hier in einzelnen markhaltigen Fasern eigenthümliche ovale kernhaltige Anschwellungen vor, deren Natur noch unaufgeklärt ist.

In Betreff des hinteren Endes der äusseren meridionalen Fasern des Ciliarmuskels fand Jeropheeff (unter Iwanoff's Leitung), dass dieselben in etwa $2\frac{1}{2}$ mm Entfernung vom Ursprung am Scleralwulst aus der meridionalen ebenfalls in die circuläre Richtung umbiegen; aus dem so entstandenen circulären Geflecht sollen zahlreiche sehr feine Muskelbündel nach hinten in die Chorioides treten und hier entweder in die Fasern des Chorioidalstroma übergehen oder mit besonderen sternförmigen Verdickungen muskulöser Natur endigen.

Bei den Säugethieren überwiegen im Ciliarmuskel, der ebenfalls eine geflechtartige Anordnung erkennen lässt (Flemming), die meridionalen Bündel; der Hauptansatz findet hier am Scleralwulst statt; nach innen gelegene Bündel verbinden sich (bei Raubthieren) mit dem Balkenwerk des Fontana'schen Raums und reichen (Katze) selbst bis zur Iriswurzel. — Sehr entwickelt ist der aus quergestreiften Muskelfasern aufgebaute Ciliarmuskel der Vögel. Derselbe besteht aus drei Portionen, die sämtlich meridionale Fasern besitzen. Die vordere äussere Portion (*Musculus Cramptonianus*) zieht von der Innenfläche der Sclera nach vorn zur Aussenfläche des Schlemm'schen Kanals und zum angrenzenden Theile (zur inneren Lamelle) der Cornea. Die zweite Portion (*Tensor chorioideae*) entspringt ebenfalls von der Innenfläche der Sclera, wendet sich aber nach hinten zur Aussenfläche der Chorioides. Die dritte längste und innerste Portion (*Müller'sche Portion*) spannt sich zwischen zwei beweglichen Punkten aus, nämlich zwischen der inneren Lamelle der Hornhaut und der Aussenfläche der Chorioides (H. Müller, Leuckart, Exner). Ein ähnlicher quergestreifter Ciliarmuskel-Apparat findet sich bei Eidechsen und Schildkröten (H. Müller, Angelucci). — Auch bei Amphibien sind Andeutungen eines Ciliarmuskels gefunden, der allerdings aus glatten Muskelfasern besteht (Angelucci).

Beim Menschen beschreibt Waldeyer ein abgezwieigtes meridionales äusseres Bündel des Ciliarmuskels als Homologon des Musc. Cramptonianus der Vögel, da er dasselbe sich nicht an der Aussenseite der Chorioides, sondern an der Innenfläche der Sclera befestigen sah. Ich selbst habe ein derartiges Bündel nicht gesehen.

In Betreff der Funktion des Ciliarmuskels herrscht wohl jetzt darin ein Einverständniss, dass derselbe bei seiner Contraction den von ihm eingeschlossenen Kreis verkleinere, also die Zonula ciliaris, welche in Folge ihrer elastischen Spannung die Linse abgeplattet erhält, entspanne und somit indirekt eine Verdickung und Krümmungsveränderung der Linse bewirke, wie sie von Helmholtz und Cramer als für die Accommodation für die Nähe massgebend entdeckt wurde. Es ist also der Ciliarmuskel Accommodationsmuskel. Auch die drei Theile des Ciliarmuskels der Vögel wirken, wie Exner gezeigt hat, in ähnlichem Sinne. Bei der Contraction ziehen aber zu gleicher Zeit die meridionalen Muskelfasern die Chorioides nach vorn (Brücke, Hensen und Völckers). — Dass der circulärfaserige Theil des Ciliarmuskels (Müller'scher Ringmuskel) eine directe Compression des Linsenrandes bewirken könne (deshalb als M. compressor lentis bezeichnet H. Müller), ist mit Rücksicht auf die Lageverhältnisse der Ciliarfortsätze zum Linsenrande auszuschliessen.

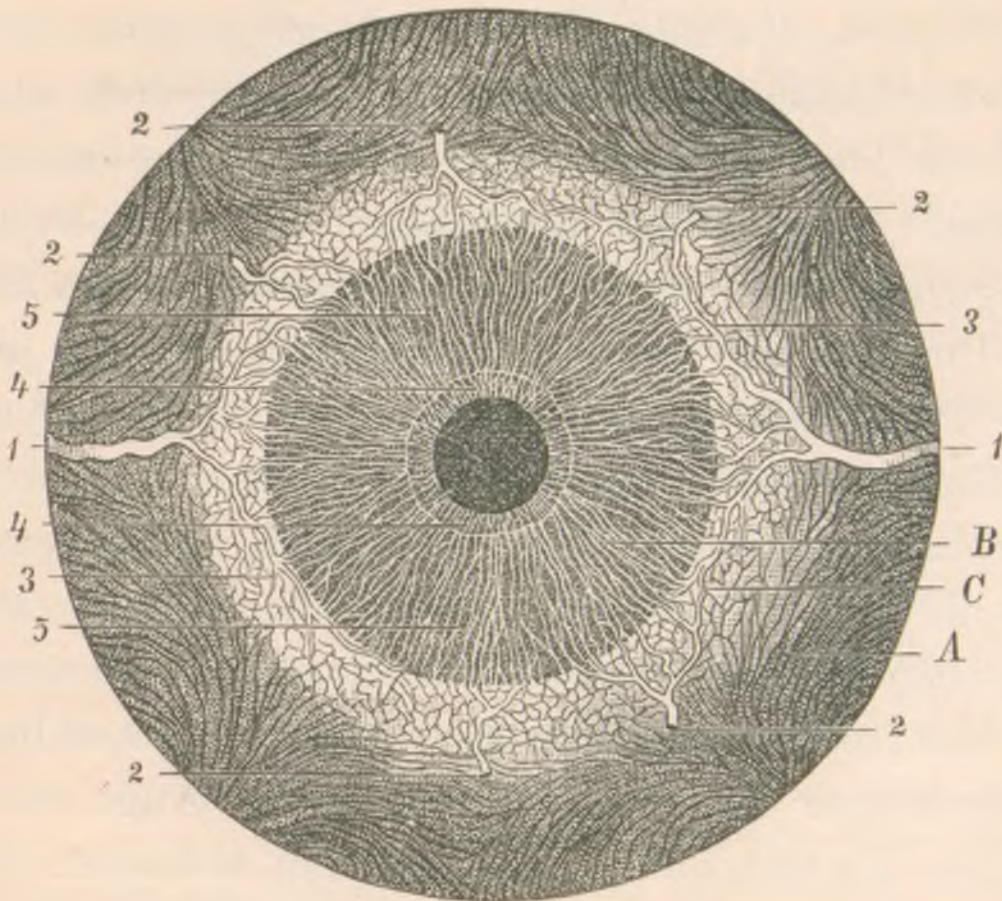
C) Die Iris (Regenbogenhaut, Blendung).

Die Iris ist eine kreisrunde von einer ebenso gestalteten nahezu central gelegenen Oeffnung, der Pupille, durchbohrte Membran, welche sich wie ein Diaphragma vor die Linse legt, der Art, dass ihre der Pupille benachbarten Theile mehr oder weniger weit der vorderen Fläche der Linse aufliegen, während die periphere Zone der Iris eine Scheidewand zwischen vorderer und hinterer Augenkammer bildet (vergl. Fig. 81). Die Pupille ist je nach den Contractionszuständen des Irisgewebes von wechselnder Weite; sie zeigt aber auch unter denselben Bedingungen bei verschiedenen Individuen gemessen einen sehr variablen Werth für die Grösse ihres Durchmessers, der bei Accommodationsruhe zwischen 3 und 6 mm schwankt. Belichtung und Einstellung des Auges für die Nähe bewirken eine Verengerung der Pupille, die entgegengesetzten Bedingungen eine Erweiterung. Die Pupille liegt nicht genau central, sondern ein wenig nasalwärts verschoben. Die Peripherie der Irisscheibe, der Ciliarrand (*Margo ciliaris*) steht in der früher (S. 175) beschriebenen Weise mit dem Cornealrande und dem Ciliarkörper in Verbindung. Der die Pupille begrenzende freie innere Rand der Iris wird als Pupillarrand (*Margo pupillaris*) bezeichnet. Die Breite der Iris zwischen Pupillar- und Ciliar-Rand ist selbstverständlich im Leben je nach dem Contractionszustande der Membran demselben Wechsel unterworfen, wie der Durchmesser der Pupille: Am todten Auge misst die Breite der Iris 4 bis 5 mm. Die Farbe der Iris ist bei den einzelnen Individuen sehr verschieden. Bei blonden Personen ist sie in der Regel blau oder grau, auch wohl grünlich, bei braun- oder schwarzhaarigen heller oder dunkler braun, und zwar kann diese braune Färbung sich entweder über die ganze Iris gleichmässig verbreiten oder fleckweise auftreten. In der blauen Iris sind die aus Bindegewebe bestehenden Schichten der Iris vollständig frei von Pigment, letzteres allein in der sog. Pigmentschicht, dem retinalen Bestandtheile der Iris (s. unten), enthalten. Nicht selten erscheint daneben allerdings die Pupillarzone lichtbraun gefärbt. Die braune Iris dagegen ist auch innerhalb des bindegewebigen Stroma pigmentirt, bald gleichmässig, bald fleckenweise. Bei albinotischen Individuen endlich entbehrt die Iris des Pigments gänzlich und erscheint in Folge der reichlichen Durchsetzung mit Blutgefässen röthlich.

Bei Betrachtung der vorderen Fläche der Iris erkennt man, dass dieselbe durch eine unregelmässig zackige zum Pupillarrand concentrische Linie in zwei verschieden breite Bezirke oder Zonen zerfällt (Fig. 94). Diese zackige Grenzlinie entspricht einem circulären Plexus feiner Arterien (*Circulus arteriosus iridis minor*) und trennt eine schmalere innere Pupillarzone (*Annulus iridis minor* s. *internus* s. *pupillaris*) (Fig. 94, 4) von einer breiteren äusseren Ciliarzone (*Annulus iridis major* s. *externus* s. *ciliaris*) (Fig. 94, 5). Die Breite der ersteren beträgt 1 mm, die Breite der letzteren 3 bis 4 mm. Die Pupillarzone enthält einen circulärfasrigen aus glatten Muskelfasern aufgebauten Muskel, den Verengerer der Pupille (*Sphincter pupillae*) und kann deshalb auch als Sphincterzone bezeichnet werden. Beide Zonen sind in ihren Dimensionen veränderlich; bestimmend für die Flächenausdehnung derselben sind nicht sowohl die Wirkung der in ihnen enthaltenen contractilen Elemente, als der Grad der Füllung ihrer Blutgefässe und Lymphlucken. Aus der Veränderlichkeit der Flächenausdehnung

der Iris erklärt sich auch ein Theil der Reliefverhältnisse ihrer Flächen. Es treten an beiden Flächen, besonders aber an der hinteren eine Reihe von feinen Falten- oder Leistenbildungen auf, von denen die einen bei allen Contractions- oder Füllungszuständen der Iris sich erhalten, Strukturfalten, während die

Fig. 94.

Fig. 94. Blutgefäße der Iris und Chorioides von vorn, nach Arnold. $\frac{5}{2}$

A, vordere Zone der Chorioides; B, Iris; C, Ciliarkörper 1, 1, Aa. ciliares posticae longae; 2, 2, Aa. ciliares anteriores; 3, 3, Circulus arteriosus iridis major; 4, 4, Pupillarzone; 5, 5, Ciliarzone der Iris; beide durch den als hellen Ring dargestellten Circulus arteriosus iridis minor getrennt.

anderen um so stärker werden, je stärker bestimmte Contractionserscheinungen ausgeprägt sind: Contractionsfalten.

1) Die Strukturfalten sind durch zahlreiche radiäre von der hinteren Fläche der Iris sich erhebende feine Leisten vertreten, die, je näher der Grenzlinie beider Iriszonen, um so mehr verstreichen. Diese radiären Leisten oder Falten entsprechen an Zahl den Ciliar-

fortsätzen, sind geradezu Fortsetzungen der Ciliarfortsatz-Faltenbildung auf die hintere Fläche der Iris. Im Winkel zwischen hinterer Fläche der letzteren und vorderer Fläche der Ciliarfortsätze finden sich demnach feine in die hintere Augenkammer einspringende Uebergangsfalten und zwischen je zweien dieser jedesmal eine kleine radiär nach aussen gerichtete Ausbuchtung oder blind geschlossene Tasche der hinteren Augenkammer. 2) Die Contractionsfalten der Iris sind andere bei Contraction des Sphincter pupillae, also Verengerung der Pupille, als bei deren Erweiterung. Bei Verengerung der Pupille treten auf der hinteren Fläche der Pupillarzone feinste radiäre Falten auf, die vom Pupillarrand nach der Peripherie an Höhe abnehmen, am Pupillarrand feine Einkerbungen bedingen. Bei Erweiterung der Pupille dagegen bilden sich an der hinteren Irisfläche und zwar im Gebiet der Ciliarzone concentrische Falten aus. Geringere Unebenheiten der Oberfläche, von derselben Richtung, aber bedeutend unregelmässiger, zeigen sich an der vorderen Fläche. Dass die hintere Fläche stärkere Contractionsfalten bildet, als die vordere, erklärt sich daraus, dass die hinterste Lage der Iris, die Pigmentschicht, unelastisch ist, passiv bei Erweiterung der Pupille zu Falten zusammen geschoben wird, während das Gewebe der vorderen Fläche in Folge seiner Elasticität und Compressibilität sich vollkommener den verschiedenen Contractionszuständen anpassen kann. — Durch letztere wird selbstverständlich auch die Dicke der Iris beeinflusst. Dieselbe nimmt im Allgemeinen vom Ciliarrande zur Grenzlinie beider Zonen zu und von da wieder bis zum Pupillarrande ab. Die dicksten Stellen messen bei mittleren Contractionsverhältnissen 0,4 mm, die dünnsten 0,2 mm. Bei starker Erweite-

ung der Pupille oder starker Füllung der Lymphspalten kann die Dicke der Iris bis auf 0,6—0,7 mm anwachsen.

Schichten der Iris.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass innerhalb der Iris zwei Hauptschichten von gänzlich verschiedener Herkunft zu unterscheiden sind, nämlich 1) an der hinteren Fläche der Membran eine Fortsetzung der secundären Augenblase, deren beide Blätter an der Stelle der späteren Pupillaröffnung in einander umbiegen, *Pars iridica retinae* (*Pars retinalis iridis*) und 2) die bindegewebige gefässreiche Hauptmasse der Iris, das Iris-Stroma (*Pars uvealis iridis* s. *pars iridica uveae*), aus den bindegewebigen Hüllen des epithelialen Sehbechers (secundäre Augenblase und Linse s. oben S. 80 u. 81) hervorgegangen. Diese bindegewebigen Hüllen bekleiden, wie oben in der entwicklungsgeschichtlichen Einleitung erörtert wurde, sowohl die ganze äussere Oberfläche der secundären Augenblase und die vordere Fläche der Linse (Faserhaut und Aderhaut), als auch in Folge der

Fig. 95.

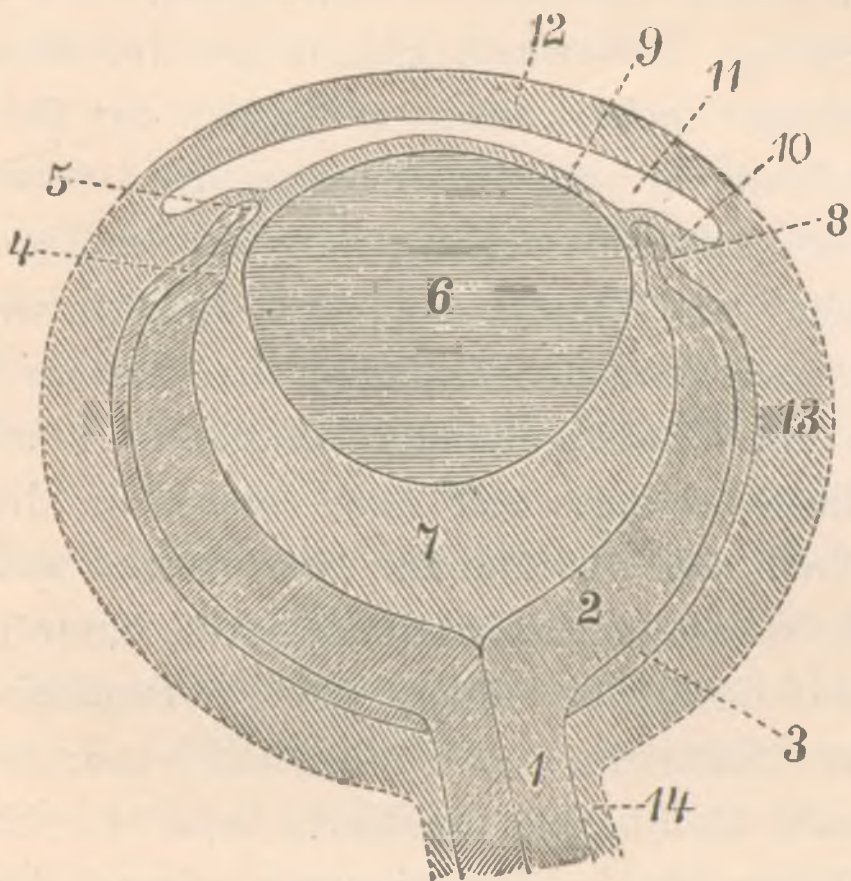


Fig. 95. Schematischer horizontaler Meridionalschnitt durch ein embryonales Auge.

Die Theile des Sehbechers sind dunkel schraffirt, die äusseren und inneren Hüllen desselben hell. 1—5, Ophthalmencephalon; 1, Sehnerv; 2, Retina; 3, Epithel derselben; 4, Anlage der Pars ciliaris retinae; 5, Anlage der Pars iridica retinae. — 6, Linse. — 7, 8, innere Hüllen des Sehbechers; 7, Glaskörper; 8, Membrana capsulo-pupillaris; 9—14, äussere Hüllen des Sehbechers; 9, Membrana pupillaris; 10, Anlage der Iris, mit der Membrana pupillaris continuirlich; 11, vordere Augenkammer; 12, Cornea; 13, Anlage von Sclera und Chorioides; 14, Anlage der Hüllen des Sehnerven.

Glaskörpereinstülpung der secundären Augenblase die innere Oberfläche der letzteren und hintere Fläche der Linse (Glaskörper) (Fig. 95, 7). Nach Schluss der Augenblasenspalte hängen diese inneren Hüllen des Sehbechers

nur noch am Linsenrande mit den äusseren Hüllen zusammen (Fig. 95, 8). Ueberall in der unmittelbaren Umgebung der beiden Bestandtheile des Sehbechers (Linse und sec. Augenblase) sind sowohl die inneren als äusseren Hüllen desselben sehr gefässreich. So liefern die inneren Hüllen auf ihrer vorderen Fläche eine Gefässschicht für die hintere Fläche der Linse (Membrana capsularis), auf ihrer äusseren Fläche die Gefässe der Retina. Die äusseren Hüllen des Sehbechers dagegen differenziren sich im Bereich der secundären Augenblase in eine gefässreiche innere (Chorioides) und gefässarme fibröse äussere Lage (Sclera). Vor der Linse dagegen wird die äussere Lage zur gefässlosen Pars scleralis corneae (Grundsubstanz der Hornhaut s. oben S. 149); die anfangs mit ihr zusammenhängende der Chorioides entsprechende innere Schicht wird dagegen in Folge einer rasch zunehmenden Spaltbildung in eine zarte gefässlose äussere (vordere) der Cornea folgende Lage (Endothel der Descemet'schen Membran = Pars uvealis corneae) und eine gefässreiche innere (hintere), die Pupillarmembran (*Membrana pupillaris*) (Fig. 95, 9) geschieden.

Letztere bildet also zu dieser Zeit der Entwicklung die hintere Begrenzung eines Spaltes (Fig. 95, 11), der zur vorderen Augenkammer ausgeweitet wird. Vor Beginn jener Spaltbildung, die zur Entstehung der vorderen Augenkammer führt, liegt der vordere Umschlagsrand der secundären Augenblase etwa in der Ebene des Linsen-Aequators und es befindet sich zu dieser Zeit hier die Verbindung zwischen äusseren Hüllen des Sehbechers und inneren. Bald nach Auftreten des Spaltes schiebt sich nun dieser Rand (Fig. 95, 5) allmählig nach vorn und einwärts vor und verlegt damit die kreisförmige Verbindungslinie zwischen den Geweben der inneren und äusseren Sehbecher-Hüllen immer weiter einwärts auf die vordere Fläche der Linse. Die gefässhaltige Membran zwischen hinterer Fläche des vorgeschobenen Theiles der secundären Augenblase und der peripheren Zone der vorderen Linsenfläche heisst jetzt *Membrana capsulo-pupillaris* (Fig. 95, 8). Der Theil der Pupillarmembran dagegen, welcher nunmehr vom vorgeschobenen Rande der secundären Augenblase getragen wird, verdickt sich und wird zur Hauptsubstanz der Iris (*Pars uvealis iridis*) (Fig. 95, 10). Das Bindegewebe der Iris ist demnach mit der die Pupillaröffnung verschliessenden gefässhaltigen Membran, der Pupillarmembran im engeren Sinne (Fig. 95, 9), continuirlich, sodass letztere eine Fortsetzung der vorderen Lage des Irisstromas darstellt. Beim weiteren Wachsthum lockert sich zunächst der Zusammenhang des Irisstromas mit der vorderen in die Pupillarmembran übergehenden Lage innerhalb der Pupillarzone der Iris. Es scheint nun die Pupillarmembran aus der Grenzlinie zwischen Ciliar- und Pupillarzone zu entspringen und hier findet auch der Zusammenhang zwischen den Gefässen der Iris und *Membrana pupillaris* statt, während der die Pupillaröffnung erfüllende Theil nach wie vor der vorderen Fläche der Linse anliegt und nach hinten in die *Membrana capsulo-pupillaris* übergeht. Noch vor der Geburt wird endlich der letzte durch die Pupillarmembran vermittelte Zusammenhang zwischen inneren und äusseren Hüllen des Sehbechers vollständig gelöst, indem die die Pupillarmembran mit der Iris verbindenden Gefässe obliteriren und schliesslich resorbirt werden, während die der Linse anliegende *Membrana pupillaris* und die *M. capsulo-pupillaris* unter Schwund der Gefässe sich in der äusseren Lage der Linsenkapsel erhalten. Nur in seltenen Fällen persistiren auf die frühere Gefässverbindung hindeutende Verbindungsstränge zwischen vorderer Fläche der Linse und Iris und stellen die sog. *Membrana pupillaris perseverans* dar.

Dass die Iris aus zwei genetisch vollständig differenten Theilen sich aufbaut, aus der *Pars uvealis* und *retinalis*, geht aus dieser kurzen entwicklungsgeschichtlichen Skizze deutlich genug hervor. Die Entwicklungsgeschichte lehrt auch, dass die *Pars retinalis* bei ihrer ersten Anlage aus zwei Zellschichten besteht, die am Pupillarrand in einander umbiegen (Fig. 95, 5). Die äussere ist schon bei Beginn der Irisbildung pigmentirt und entspricht dem Pigmentepithel der Retina; die innere Schicht ist anfangs farblos, wird aber später ebenfalls aus pigmentirten Zellen zusammengesetzt und zwar schreitet die Pigmentirung vom Pupillarrande nach dem Ciliarrande vor. Wenn nun auch in Betreff dieser fundamentalen Entwicklungsverhältnisse Sicherheit erzielt ist, so bestehen doch in den Einzelheiten der Iris-Entwicklung noch manche Lücken in unserer Kenntniss. Insbesondere ist in Betreff der Deutung einer sehr eigenthümlichen Grenzsicht zwischen dem bindegewebigen Stroma und der hinteren epithelialen

Pigmentschicht eine Einigung noch nicht erzielt worden. Während dieselbe von Einigen für die Ausbreitung eines radiär gefaserten Muskels, eines Dilatator pupillae gehalten wird (Henle, Merkel, Iwanoff), erkennen Andere in ihr nur eine elastische hintere Grenzschrift des Bindegewebes, der Glaslamelle der Chorioides vergleichbar (Grünhagen); eine dritte Ansicht endlich (Faber) lässt sowohl einen Dilatator wie eine elastische Grenzlamelle in der Grenzschrift vorhanden sein. Nach sorgfältiger Prüfung muss ich mich der Ansicht von Grünhagen anschliessen: die fragliche Schicht ist nicht muskulös, sondern repräsentirt eine elastische hintere Grenzlamelle der Iris. Die radiär gestellten elliptischen Kerne, welche man an ihr wahrnimmt, liegen nicht in ihr, sondern auf ihrer vorderen oder hinteren Fläche. Erstere gehören dem Bindegewebe der Iris, häufig auch Capillaren, an einzelnen zerstreuten Stellen, dünnen Bündeln radiär verlaufender glatter Muskelfasern an; die auf der hinteren Seite der Glaslamelle befindlichen Kerne dagegen, welche ihr oft fest anhaften, sind die Kerne einer Zellenlage des Pigmentepithels und somit der Pars iridica retinae zuzuweisen. Sie gehören zu spindelförmigen radiär zum Pupillarrand gestellten pigmentirten Zellen, welche in einfacher Lage vom Ciliar- bis zum Pupillar-Rande der Iris sich erstrecken. Auf diese verhältnissmässig dünne pigmentirte Lage, welche dem äusseren Blatte der secundären Augenblase entspricht, legt sich hinten auf eine zweite Schicht sehr stark pigmentirter ungleich dickerer Zellen, deren Grenzen und Kerne durch das Pigment meist unkenntlich werden; es entspricht diese Lage dem inneren Blatte der secundären Augenblase. Beide Schichten zusammen bilden die Pars iridica retinae, die also auch beim Erwachsenen in ihren beiden Zellenlagen noch nachzuweisen ist.

Innerhalb der Pars uvealis iridis lassen sich, abgesehen von der Grenzlamelle, die wie die Glashaut der Chorioides, wohl ihr und nicht der Pars iridica retinae zugerechnet werden muss, als weitere Differenzirungen wiederum drei Unterabtheilungen unterscheiden: 1) ein sehr zartes dünnes vorderes Endothel, 2) unmittelbar unter letzterem ein verdichtetes Bindegewebe, die sog. vordere Grenzschrift (Fig. 96, 1) und 3) die lockere gefässreiche Hauptmasse des Bindegewebes, die Gefässschicht (Fig. 96, 2). Zu diesen gesellt sich 4) die hintere Grenzlamelle. Die zweite und dritte Schicht werden auch wohl als Irisstroma zusammengefasst.

Es ergibt sich somit folgende definitive Eintheilung der Iris nach Schichten:

I. Pars uvealis iridis (bindegewebiger Theil der Iris).

- | | |
|--|--------------|
| 1) Vorderes Endothel | |
| 2) Vordere Grenzschrift | } Irisstroma |
| 3) Gefässschicht | |
| 4) Hintere Grenzlamelle (Glaslamelle). | |

II. Pars retinalis iridis (Pars iridica retinae, epithelialer Theil der Iris) *).

- 1) äusseres Blatt der secundären Augenblase = vordere Lage pigmentirter spindelförmiger radiär gestellter Zellen.
- 2) inneres Blatt der secundären Augenblase = hintere Lage dicker stark pigmentirter Zellen.

*) Fälschlich vielfach als Uvea bezeichnet.

Innerhalb der Pars uvealis finden sich endlich noch muskulöse Elemente, dem glatten Muskelgewebe angehörig, sämmtlich innerhalb der Gefässschicht, nämlich 1) ein mächtiger auf die Pupillarzone beschränkter circulärfaseriger *Musculus sphincter pupillae* und 2) aus seinem äusseren Rande sich abzweigende dünne radiäre Bündel, welche beim Menschen nur schwach entwickelt sind und kaum den Namen eines *M. dilatator pupillae* verdienen.

I. Pars uvealis iridis (Fig. 96, 1 u. 2).

1) Das Endothel der vorderen Irisfläche besteht aus einer einfachen Lage unregelmässig polygonaler sehr dünner Zellplatten mit ellipsoidischen oder nierenförmig gestalteten Kernen. Durch Behandlung mit *Arg. nitricum* lassen sich die Zellgrenzen in Form schwarzer Linien leicht deutlich machen. Das Endothel ist bei jungen und alten Individuen als ein continuirlicher Ueberzug der vorderen Fläche der Iris vorhanden und geht am Ciliarrande der Iris continuirlich in das die Balken des *Ligamentum pectinatum* umscheidende Endothel über. Angaben über ein Fehlen des Endothels bei älteren Individuen (Henle) erklären sich daraus, dass dasselbe sich leicht von seiner Unterlage löst. Eine dachziegelförmige Anordnung der Endothelzellen (J. Arnold, Faber) konnte von mir nicht constatirt werden. Die Substanz der Zellplatten ist nicht ganz homogen, sondern oft fein granulirt, aber stets frei von Pigmentkörnchen.

2) Die vordere Grenzschrift (vordere Begrenzungshaut [Henle], *Lamella iridis anterior* [Zinn], *Membrana Zinnii* oder Wasserhaut der Iris [F. Arnold], reticulirte Schicht [Michel], vordere Schicht des Irisstroma [Faber]) (Fig. 96, 1). Sie besteht aus einer eigenthümlichen Modification reticulären Bindegewebes, welches sehr an das reticuläre Gewebe der lymphoiden Organe

Fig. 96.

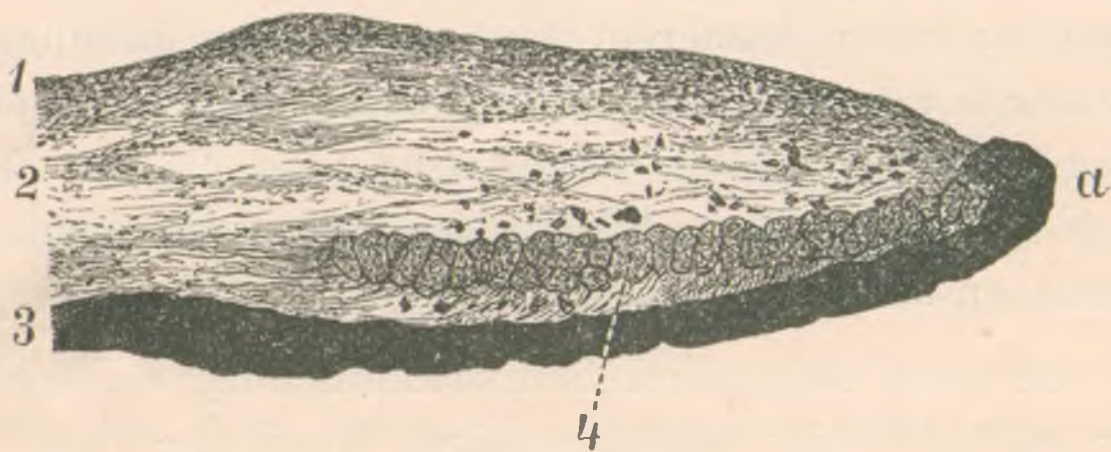


Fig. 96. Meridionalschnitt durch die Pupillarzone der Iris des Menschen.

a, Pupillarrand mit spornartig vorspringendem Pigmentepithel; 1, vordere Grenzschrift; 2, Gefässschicht; 3, Pigmentschicht; 4, quergeschnittene Bündel des Sphincter pupillae; zwischen 3 und 4 schräge Faserung.

erinnert (Michel). Nach Michel fehlen aber die Bindegewebsfibrillen gänzlich und die ganze Lage besteht aus einem in mehrfachen Lagen (drei bis vier) übereinander geschichteten Zellennetz, dessen einzelne Bestandtheile die verschiedensten Formen erkennen lassen. Michel unterscheidet die spindelförmigen Zellen des Reticulum als Faserzellen von den Stern- und Spinnenzellen. Alle diese scheinbar verschiedenen Zellen sind aber nur durch Uebergangsformen verbundene Modificationen einer und derselben Zellenart, die da, wo Bindegewebsfibrillen sich einstellen, in endotheliale Platten übergehen. In der dunklen Iris schliesst der Zellkörper sowohl als die Fortsätze häufig Pigmentkörnchen

ein. Die Lücken zwischen den Zellenbalken des Reticulum sind als Lymphlücken anzusehen; man findet in ihnen Lymphkörperchen von wechselnder Zahl. An seiner hinteren Grenze setzt sich das Zellen-Reticulum continuirlich in die Hauptschicht der Iris, die Gefässschicht, fort, doch so, dass Bindegewebsfibrillenbündel zur Grundlage der endothelialen Zellen werden, und dass unter Erweiterung des Balkennetzes auch das System der Lymphlücken eine bedeutende Erweiterung erfährt.

3) Die Gefässschicht [Michel] (gefässreiche Substanz [Henle], Mittelschicht des Irisstroma [Faber] (Fig. 96, 2). Sie ist durch ihre lockere Beschaffenheit und die Ausbreitung der Blutgefässe charakterisirt und enthält ferner im Gebiet der Pupillarzone den *M. sphincter pupillae* (Fig. 96, 4). Aus der vorderen Grenzsicht entwickelt sich die Gefässschicht der Iris unter bedeutender Auflockerung des Balkenwerks und Erweiterung der Lymphlücken. Ihr Gewebe gleicht demnach einem compressiblen Schwammgewebe, das seine wesentliche Stütze in den vorzugsweise radiär verlaufenden Blutgefässen und Nerven findet. Nur in der Umgebung dieser ist nämlich das Bindegewebe reichlicher angehäuft, eine dicke adventitielle Scheide für die Blutgefässe und Nerven bildend, die um letztere besonders mächtig entwickelt ist. Die an Volum sehr variablen Zwischenräume zwischen den adventitiellen Scheiden der Gefässe und Nerven werden nur von feinen mit Endothelzellen bekleideten sich verzweigenden Bindegewebsbündeln durchzogen, die einestheils radiär verlaufen, andererseits die adventitiellen Scheiden der verschiedenen Gefässe und Nerven unter einander in Verbindung setzen. Das Lückensystem, welches zwischen ihnen und den adventitiellen Scheiden frei bleibt, gehört dem Lymphgefässsystem an, communicirt vorn mit den bedeutend engeren Lymphlücken der vorderen Grenzsicht; am Ciliarrande geht es höchst wahrscheinlich continuirlich in das mit der vorderen Kammer zusammenhängende Lückensystem zwischen den Balken des *Lig. pectinatum* über, kann sich also je nach den Contractionszuständen der Iris in die vordere Kammer entleeren oder aus derselben füllen. — Die Arterien der Iris entspringen sämmtlich aus dem vorderen Rande des *Circulus arteriosus iridis major* (Fig. 94, 3; Fig. 97, p), der sich am Ciliarrande der Iris befindet. Die für die Iris bestimmten arteriellen Stämme entwickeln sich aus diesem Gefässkranze entsprechend den Ansatzstellen der Ciliarfortsätze an der Iris und zwar gewöhnlich zu mehreren für jeden Ciliarfortsatz (Leber). Ihr Verlauf ist radiär zum Pupillarrand gerichtet (Fig. 94), ihre Verästelungen sind spitzwinklig; nicht selten verbinden sie sich bogenförmig. An der Grenze zwischen Ciliartheil und Pupillartheil der Iris bilden vordere arterielle Aestchen unweit der vorderen Fläche der Membran einen zweiten Gefässkranz, den *Circulus arteriosus iridis minor* (Fig. 94, die helle Grenzlinie zwischen 4 und 5), der im embryonalen Leben die Verbindung mit der Pupillarmembran vermittelte (s. oben S. 200); die Mehrzahl der feinen radiären Arterien setzt sich dagegen in derselben Richtung in den Pupillartheil fort und geht in ein den *Sphincter pupillae* durchziehendes Capillarnetz über. Ein anderes lockeres Capillarnetz findet sich an der hinteren Grenze der Gefässschicht, ein drittes unweit der vorderen Fläche der Iris, also bereits im Gebiet der vorderen Grenzsicht. Aus allen diesen Capillaren entwickeln sich die Venen, welche in radiärer Richtung zum Ciliarrande zurück verlaufen

(Fig. 97), auf ihrem Wege dahin unter spitzwinkliger Vereinigung sich allmählig zu Büscheln sammeln, deren Stämmchen schliesslich längs der inneren Fläche des Ciliarmuskels zusammen mit den Venen der Ciliarfortsätze nach hinten in die Venae vorticosae übergehen. Die Arterien der Iris sind reich an elastischen Elementen, arm an muskulösen und besitzen eine adventitielle Scheide, in welcher Netze sternförmiger Zellen, wie sie oben aus der vorderen Grenzschrift beschrieben wurden, einen häufigen Bestandtheil bilden (Henle). Die Venen werden von einer ganz ähnlich gebauten adventitiellen Scheide umgeben, überdies aber nach innen von dieser noch von einer Endothelscheide (Michel). Auch den Capillaren kommt eine Endothelscheide zu. An Durchschnitten durch die Iris erkennt man, dass die grösseren Gefässe in zwei bis drei Schichten über einander liegen. — In der braunen Iris finden sich endlich noch zerstreut

Fig. 97.

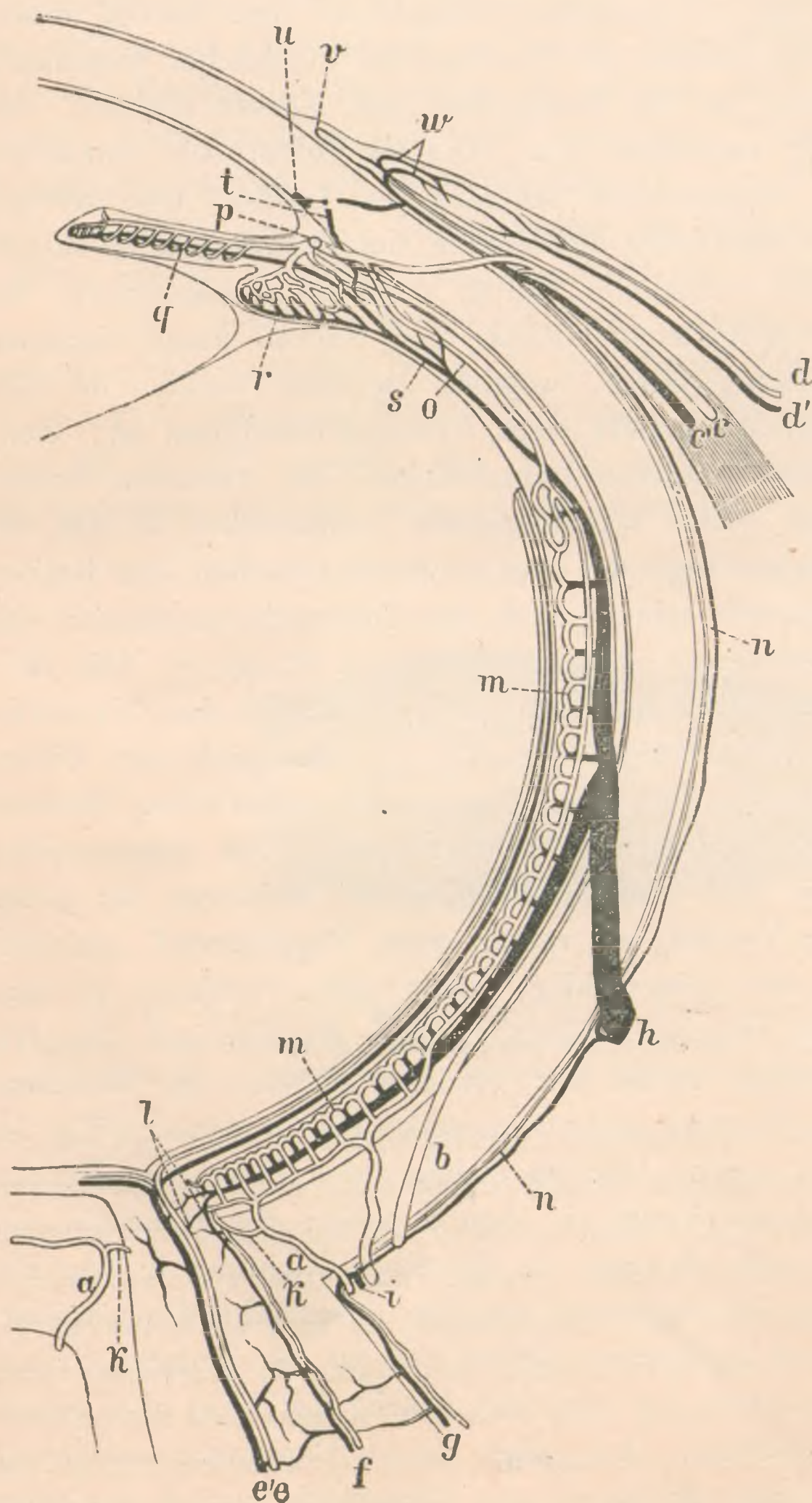


Fig. 97. Schematische Darstellung der Blutgefässe des Auges. Nach Leber.

Horizontalschnitt; Arterien hell, Venen schwarz.

a, a, Aa. ciliares posticae breves; b, A. ciliaris postica longa; c, c', A. und V. ciliaris antica; d, d', A. und V. conjunctivalis posterior; e, e', A. und V. centralis retinae; f, Gefässe der Pialscheide des Sehnerven; g, Gefässe der Duralscheide des Sehnerven; h, V. vorticiosa; i, V. ciliaris postica brevis; k, k, Zweige der Aa. ciliares posticae breves zum Sehnerven; l, Anastomose der Chorioidal-Gefässe mit denen des Sehnerven; m, Choriocapillaris; n, n, episclerale Arterien und Venen; o, A. recurrens chorioid.; p, Querschnitt des Circulus arteriosus iridis major; q, Gefässe der Iris; r, Ciliarfortsatz mit seinen Gefässen; s, Zweig der V. vorticiosa aus der Iris und dem Ciliarfortsatz, in geringer Entfernung abwärts einen Zweig aus dem Ciliarmuskel aufnehmend; t, Zweig der vorderen Ciliarvene aus dem Ciliarmuskel; u, Canalis Schlemmii (in seinen Verbindungen mit den vorderen Ciliarvenen etwas abweichend von dem Leber'schen Original dargestellt); v, Randschlingennetz der Hornhaut; w. A. u. V. conjunctivalis anterior.

im Gewebe kuglige klumpige mit braunen Pigmentkörnchen erfüllte Pigmentzellen (Stroma-Pigment) von verschiedener Grösse, deren Kerne meist schwer sichtbar sind. Am zahlreichsten sind die Pigmentzellen in den vorderen Schichten und in der Pupillarzone, besonders in der Umgebung des Circulus arteriosus

iridis minor. Auch kleinere abgelöste kernlose Pigmentklümpchen kommen zerstreut vor. Bei stärkster Pigmentirung der Iris ist das ganze Gewebe von Pigmentzellen durchsetzt, die zum Theil sternförmig gestaltet sind und unter einander in Berührung treten, zum Theil kuglige Klumpen der oben beschriebenen Form darstellen.

Die Gefässschicht der Iris enthält die Bestandtheile der Iris-Muskulatur. Letztere besteht der Hauptsache nach aus einem die ganze Breite der Pupillargebietes einnehmenden ringförmigen glatten Muskel, dem *M. sphincter pupillae* (Fig. 96, 4). Derselbe liegt der hinteren Fläche des Irisstroma näher, als der vorderen; sein Abstand von der hinteren Fläche beträgt etwa $40\ \mu$, seine Dicke, die individuell und je nach den Contractionsverhältnissen verschieden sein kann, 40 bis $80\ \mu$. Er besteht aus circular die Pupille umkreisenden Bündeln glatter Muskelfasern, welche durch schmale bindegewebige Scheidewände von einander gesondert werden. Die Querschnitte dieser Muskelbündel reichen bis dicht an den Pupillarrand. Je nach den Contractionsverhältnissen bilden sie den Pupillarrand der Iris selbst oder sie werden durch einen spornartigen Vorsprung der Pigmentschicht (Fig. 96, a) noch von jenem Rande getrennt. Das Bindegewebe, welches sich zwischen den Sphincter und die hintere Begrenzungsmembran einschiebt, lässt in Radialschnitten eine schräge Faserung erkennen, und zwar in der Richtung von innen (vom Pupillarrande) schräg nach hinten und aussen (Fig. 96). Diese schrägen Faserzüge verlaufen aus den feinen Zwischenräumen zwischen den Muskelbündeln des Sphincter schräg nach aussen und hinten zur hinteren Grenzmembran, sind somit bindegewebiger Natur, nicht muskulös. Bildet der Sphincter den Pupillarrand, so erscheint auch das vor ihm liegende Bindegewebe mit schräger Anordnung seiner feinen Bündel; die Richtung derselben ist dann aber von innen (vom Pupillarrande) nach vorn und aussen. Glatte Muskelfasern oder Bündel derselben finden sich abgesehen von der Sphincterfaserung nur noch im Anschluss an diese in Form zerstreuter feiner radiärer Bündel (Grünhagen, v. Eversbusch), welche unter Arkadenbildung und partieller Verflechtung pupillarwärts continuirlich in die Sphincterfaserung übergehen, in ihrer Anordnung zum Sphincter sich verhalten, wie die Radspeichen zur Nabe des Rades. Beim Menschen ist die Entwicklung dieser radiären Faserung (*M. dilatator pupillae* [Kölliker zum Theil; v. Eversbusch]; Insertionsbündel des Sphincter [Grünhagen]) eine sehr geringe. Die spärlichen Faserzüge verlieren sich sehr bald ciliarwärts im Gewebe der Iris, entweder unter partieller Anlagerung an die vordere Fläche der hinteren Grenzmembran oder unter Verbindung mit Bindegewebsbälkchen, welche somit gewissermassen als Sehnenbündel der radiären Faserung angesehen werden müssen. Bis an den Ciliarrand erstrecken sich die Speichenbündel nicht.

4) Die hintere Grenzlammelle (Glaslamelle der Iris; Theil der hinteren Begrenzungshaut von Henle, des *Dilatator pupillae* von Merkel; Basalmembran von Bruch) (Fig. 98, a). Sie ist eine glashelle Membran von elastischer Beschaffenheit und zeigt dem entsprechend eine grosse Resistenz gegen die verschiedensten Reagentien. An Dickenschnitten durch die Iris erscheint sie von grosser Feinheit, von höchstens $2\ \mu$ Dicke. Diese Dicke ist also bedeutend geringer, als der Querschnitts-Durchmesser glatter Muskelfasern, übrigens innerhalb der ganzen Membran gleichmässig. Ihrer vorderen Fläche liegen (s. oben) hie

und da radiär verlaufende glatte Muskelfasern auf; an ihre hintere Fläche grenzt unmittelbar die vordere Zellenlage der Pars retinalis iridis und ist mit ihr so fest verbunden, dass beide nur schwer und unvollkommen von einander getrennt werden können (vergl. Fig. 98). An Durchschnitten erkennt man aber, dass die Kerne jener Zellenlage nicht in der Grenzmembran, sondern auf ihrer hinteren Fläche gelegen sind. Brauchbare Flächenansichten der Membran mit Theilen der betreffenden Zellschicht verschafft man sich leicht durch Abtragen der vorderen Irisschichten und Abpinseln der hinteren Fläche der Iris. Man entfernt auf letzterem Wege die hintere dickere klumpige Zellenlage der Pigmentepithelschicht, während die vorderen platten radiär gestellten Zellen grösstentheils haften bleiben. Betrachtet man dann den Rest des Irisgewebes von der Rückseite, so erscheint die hintere Grenzmembran noch in Verbindung mit zahlreichen jener pigmentirten Zellen (Fig. 98, b), die im Allgemeinen eine spindelförmige Gestalt besitzen. Ihre Länge beträgt 70—80 μ , ihre Dicke 10 μ .

Fig. 98.

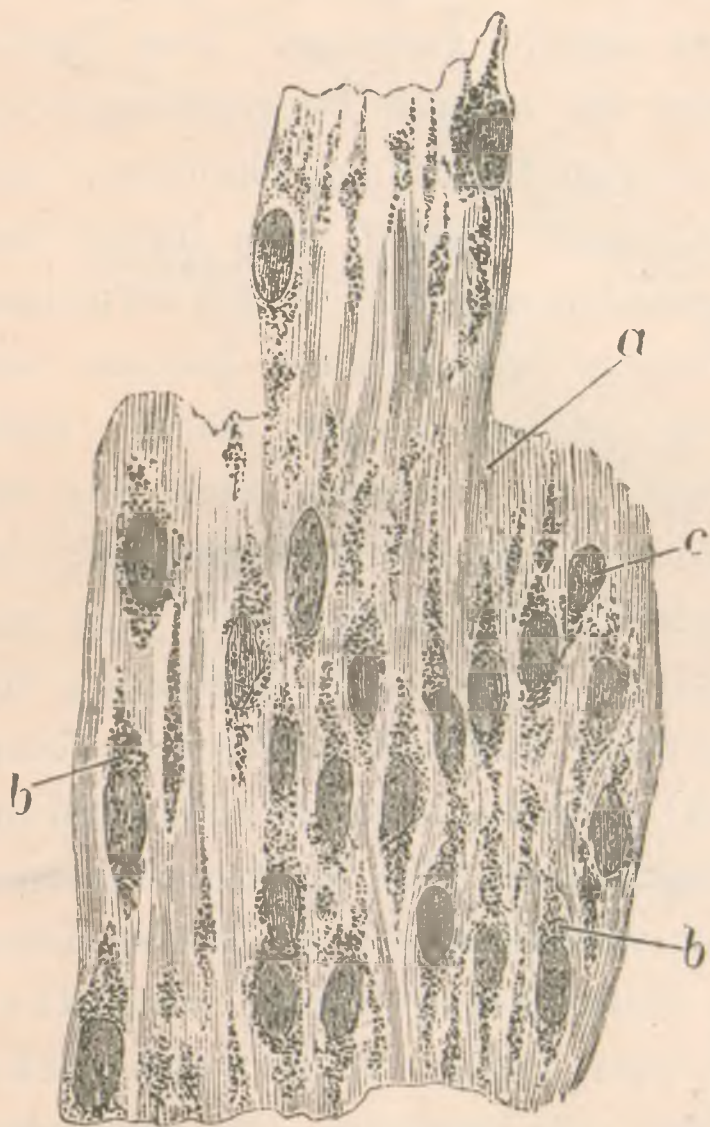


Fig. 98. Ansicht der hinteren Grenzlamelle und eines Theiles der Pars retinalis iridis von der hinteren Fläche.

a, hintere Grenzlamelle, fein streifig. b, spindelförmige flache Pigmentzellen der vorderen Lage der Pars retinalis iridis. Die Kerne, vielfach als Kerne eines Dilatator pupillae beschrieben, haften oft sehr fest, das Pigment löst sich oft leichter, sodass es scheint, als gehörten die Kerne der Lamelle an (c).

Beim weiteren Pinseln gelingt es hie und da Theile der Grenzmembran frei zu legen; letztere erscheint dann fein radiär gestreift (Fig. 98 bei a); der feinen Streifung entsprechend lässt sich die Membran bei fortgesetzter Maceration in feine starre Fäserchen zerklüften, die nichts mit Muskelfasern oder Fibrillen der letzteren gemein haben. Abgesehen hiervon und von der geringen Dicke der Membran spricht auch die Art, wie sie zerreisst, sehr gegen die Zusammenfügung aus glatten Muskelfasern; die Rissstellen gehen gerade durch, zeigen höchstens feinste Aus-

zackungen des Rissrandes, aber nie die unregelmässigen Rissränder, welche glatte Muskelmembranen darzubieten pflegen, in welchen ja bald eine im Zusammenhange erhaltene Faser über den Rissrand hervorragte, bald der letztere Lücken für herausgefallene Fasern erkennen lässt. In der That ist auch nicht diese Glasmembran allein, sondern letztere sammt den Kernen der Schicht spindelförmiger Zellen auf ihrer Rückseite für den Dilatator erklärt worden. Beim Abpinseln nämlich haften die den Kern einschliessenden Partien jener Zellen sehr hartnäckig (Fig. 98, c). Es scheinen dann die Zellkerne mit ihren Protoplasma-resten zur Membran zu gehören, die nunmehr wegen der elliptischen Gestalt der ihr vermeintlich zukommenden Kerne, wegen der radiären Stellung derselben als Muskelmembran gedeutet wurde. Die Thatsache, dass bei Zerpflanzungsversuchen einzelne wirkliche glatte Muskelfasern, die ihrer vorderen Fläche anlagen (s. oben), mit in die übrigen zerzupften Elemente hineingerathen,

hat jedenfalls zur Befestigung dieser Ansicht beigetragen, einer Ansicht, der zu Folge der Dilatator in continuirlicher geschlossener Lage vom Ciliar- bis zum Pupillarrande der Iris sich erstrecken sollte (Iwanoff, Henle, Merkel und Andere). Ich kann in dieser Dilatatorschicht nichts weiter sehen als die hintere Grenzmembran in Verbindung mit Theilen der Pars retinalis iridis, schliesse mich also in dieser Beziehung Grünhagen an, während ich in der Deutung weiter gehe und in den spindelförmigen pigmentirten Zellen, welche so innig mit der Grenzmembran verklebt sind, die Fortsetzung des äusseren Blattes der secundären Augenblase, also eine zweite (vordere) Lage der Pars iridica retinae erkenne, deren Zellen Grünhagen bei verschiedenen Thieren schon mit aller Deutlichkeit demonstriert hatte, aber nicht morphologisch zu deuten versuchte.

II. Pars retinalis iridis (Pars iridica retinae, epithelialer Theil der Iris; Pigmentschicht, Pigmentlamelle oder Pigment-Epithel der Iris) (Fig. 96, 3).

In der entwicklungsgeschichtlichen Einleitung (S. 200) wurde hervorgehoben, dass der retinale Theil der Iris ursprünglich aus zwei am Pupillarrande continuirlich in einander übergehenden Epithellagen besteht, den beiden Blättern der secundären Augenblase, von denen das hintere Blatt, wie das entsprechende innere der Pars ciliaris retinae, anfangs pigmentlos ist. Die vordere dieser beiden Zellschichten haben wir nun wieder erkannt in den platten radiär gestellten pigmentirten Zellen, welche der hinteren Fläche der Grenzmembran anhaften und vielfach zur Beschreibung eines continuirlichen Dilatator pupillae Veranlassung gaben (Fig. 98, b). Die hintere Schicht der Pars iridica retinae wird gewöhnlich für sich als Pigmentepithel oder Pigmentschicht der Iris beschrieben.

1) Die vordere Lage spindelförmiger radiär gestellter Zellen (Fig. 98, b) entspricht dem äusseren Blatt der secundären Augenblase. Ihre Beschreibung ist schon oben gegeben worden. Die ihr angehörigen Zellen decken in continuirlicher Lage die hintere Fläche der Grenzmembran vom Ciliar- bis zum Pupillarrande, stellenweise in leicht nischenförmige Vertiefungen der Grenzmembran aufgenommen. Am Ciliarrande wird, wie Durchschnitte ergeben, ihre Anordnung eine andere: sie erscheinen von polygonalen Umrissen und können sogar am Umschlagsrande zu den Ciliarfortsätzen in circulärer Richtung länger erscheinen, als in radiärer. Sie gehen hier continuirlich in die äussere niedrige Pigmentzellenlage der Pars ciliaris über, welche an dieser Uebergangsstelle ärmer an Pigmentkörnchen ist, als im übrigen Gebiet der Netzhaut.

2) Die hintere Lage der Pars iridica retinae repräsentirt das hier stark pigmentirte innere Blatt der secundären Augenblase. Es besteht aus einem pigmentirten Lager, welches in der nicht retrahirten Iris 30 bis 35 μ Dicke besitzt und so dicht mit schwarzen Pigmentkörnchen durchsetzt ist, dass Zellgrenzen und Kerne verdeckt werden, die ganze Lage nicht mehr aus einzelnen Zellen zusammengesetzt zu sein scheint, sondern ein Continuum bildet. Dass aber auch hier eine Zusammensetzung aus polyedrischen nur innig verschmolzenen Zellen vorliegt, beweist die Untersuchung von Augen erwachsener albinotischer Thiere (Kaninchen): die Zellengrenzen sind hier sehr leicht durch Behandlung mit *Argentum nitricum* deutlich zu machen und in den einzelnen Zellterritorien

erscheinen kuglige Kerne. — Die Dicke dieser hinteren Pigmentepithellage ist sehr wechselnd, bei Verengerung der Pupille geringer, als bei Erweiterung. Es wird die Gestalt dieser Zellen in ähnlicher Weise plastisch beeinflusst, wie die epithelialer Zellen in Organen mit veränderlichem Volum, z. B. der Blase. Die Epithelzellen der Pigmentschicht der Iris werden passiv gedehnt oder zusammengeschoben. Am Ciliarrande geht diese hintere Pigmentschicht continuirlich in die innere Zellenlage der Pars ciliaris retinae über, indem die Pigmentkörnchen sich allmählig von der inneren Oberfläche der Zellen zurückziehen und unter steter Abnahme allmählig mehr und mehr Substanz dieser inneren Zellenlage pigmentfrei erscheinen lassen.

An der hinteren Oberfläche der Pigmentschicht der Iris befindet sich endlich noch ein feines Häutchen, die Fortsetzung der cuticularen Limitans der Pars ciliaris retinae (*Limitans iridis*), welches Häutchen beim Menschen sehr fein ist, leicht in radiärer Richtung sich spaltet und von dem Pigmentepithel sich löst. Aus letzterem Grunde wird es an Schnitten durch die Iris häufig ganz oder stellenweise vermisst.

Einen direkten Uebergang von kleinen Arterien der Iris durch nicht capillare Aeste in Venen beschreiben Brücke und Faber aus dem Gebiet des Pupillarrandes der menschlichen Iris. Nach Faber sind solche Uebergänge besonders reichlich und deutlich in der Iris der Vögel und Reptilien zu finden.

Nach Hüttenbrenner sollen sämtliche Gefässe der Iris, namentlich aber die ganz kleinen Venen, von einer Lage glatter Muskelfasern umschieden sein, die meist „in der Richtung der Längsaxe“ dem Gefäss anliegen. Nach Merkel sind diese Längsmuskelfasern nur sehr spärlich vorhanden, Faber vermisste sie gänzlich. Auch ich konnte mich nicht davon überzeugen, dass eine solche Längsmuskelschicht existirt.

Die Bündel des *M. sphincter pupillae* sind zuweilen durch eine im peripheren Bezirk befindliche gröbere bindegewebige Scheidewand (von 60 μ Breite) in einen breiteren (0,6 mm) inneren und schmalen (0,12 mm) äusseren Muskelring getheilt. Möglichenfalls liegt ein solches Verhalten der Kolliker'schen Beschreibung zu Grunde, nach welcher sich in der Gegend des Annulus iridis minor noch ein schmaler der vorderen Irisfläche näherer Muskelring von 50 μ Breite findet. Faber und Merkel vermochten einen solchen accessorischen Schliessmuskel beim Menschen nicht zu finden.

Die Breite des Sphincter iridis und seine Dicke sind, abgesehen von möglichen individuellen Schwankungen, abhängig von dem Zustande seiner Contraction. Man sollte erwarten, dass der Muskel, welcher die Pupillarzone der Iris erfüllt, mit letzterer bei Verengerung der Pupille schmaler und dicker werde. Allein man kann sich schon bei Betrachtung eines lebenden Auges leicht davon überzeugen, dass die Pupillarzone bei Verengerung der Pupille sich verbreitert, bei Erweiterung sich verschmälert. Es wird dies ermöglicht durch Fixation des äusseren Sphincter-Randes mittelst der radiären Speichenbündel an peripher gelegenen Theilen der Irissubstanz von elastischer Beschaffenheit (hintere Grenzlamelle, Bündel der Irisstroma). Da die Speichenbündel nur radiäre Abzweigungen der Sphincter-Faserung sind, so schaffen sie bei Contraction des ganzen Muskels durch ihre Contraction fixe Punkte für den Sphincter, wirken der antagonistischen elastischen Contraction der Iris, deren morphologisches Substrat in erster Linie die Grenzlamelle ist, entgegen. Ist dann also der äussere Rand des Sphincter in seiner Lage fixirt, so wird eine Zusammenziehung seiner circulären Fasern abgesehen von der Verengerung der Pupille eine Entfaltung der einzelnen Bündel zur Folge haben: sie werden pupillarwärts auseinandergeschoben, ihre Zwischenräume erweitert. Der Sphincter begrenzt nun unmittelbar den Pupillarrand. Hört seine Contraction auf, so gewinnt die elastische Contraction besonders der hinteren Glaslamelle das Uebergewicht: die durch schräg aufsteigende Fibrillenbündel (s. oben Fig. 96) mit ihr zusammenhängenden Sphincterbündel werden ciliarwärts zusammengeschoben, die nicht elastische Pigmentmembran springt am Pupillarrande spornartig vor, der Sphincter selbst sowie die Pupillarzone werden schmaler.

In Betreff der Dilatator-Frage habe ich oben meine auf eigene Untersuchung basirten Ansichten mitgetheilt. Nach der Meinung von Iwanoff, Merkel und Henle repräsentirt die hintere Grenzlamelle zusammen mit den von mir als vorderste Pigmentzellenlage der Pars iridica retinae gedeuteten radiären spindelförmigen Zellen, eine continuirliche Dilatatorschicht. Das Pigment wird als zufällig anhaftend, die elastischen Kerne der vorderen Pigmentschicht werden als Kerne glatter Muskelfasern gedeutet. Nach Merkel geht diese Dilatatorschicht, welche seiner Meinung nach aus zwei, ja an einigen Stellen aus drei Lagen radiärer glatter

Muskelfasern bestehen soll, pupillarwärts mit ihren vorderen (tiefen) Fasern unter Verflechtung in den Sphincter über, während sich die hinteren oberflächlichen Fasern bis zum Pupillarrande verfolgen lassen. Am Ciliarrande biegen nach Iwanoff und Merkel die Dilatatorfasern in circuläre Richtung um, einen abschliessenden äusseren Muskelring bildend, der aber mit dem Ciliarmuskel in keinem Zusammenhange steht. Für die Existenz eines solchen Dilatators sprechen sich noch Hüttenbrenner, Dogiel und Faber aus; letzterer nimmt allerdings ausserdem noch eine gesonderte Grenzmembran an. Gegen die Deutung der betr. Grenzschrift als Dilatator wenden sich ausser Grünhagen noch Hampeln und etwas reservirt auch Michel. Letzterer betont ausdrücklich die Verschiedenheit der aus der hinteren Grenzschrift isolirbaren starren Fasern von glatten Muskelfasern, sowie die feste Verbindung mit den radiären spindelförmigen pigmentirten Zellen, die er jedoch nicht dem retinalen Theile der Iris zu-rechnet. Bemerkenswerth ist, dass bei einigen Säugethieren (z. B. beim Schaf) die fragliche Zellschicht aus breiten pigmentirten Zellen besteht, welche auf keinen Fall als glatte Muskelfasern gedeutet werden können (Michel). Trotz dieser Beobachtungen kommt Michel nicht auf die richtige Deutung der fraglichen Zellschicht, sondern betrachtet sie als eine Differenzirung der hinteren Grenzmembran, welche er überdies der „Limitans primitiva retinae“ vergleicht, während sie doch nur der Glaslamelle der Chorioides und des Ciliarkörpers sammt der nach innen derselben aufliegenden Zellschicht, also dem aus dem äusseren Blatte der secundären Augenblase hervorgegangenen Pigmentepithel der Retina, entsprechen kann. In Folge dieser Auffassung hat Michel auch seine Beobachtungen über die Entwicklung des retinalen Theiles der Iris nicht richtig gedeutet. Wie Kessler beim Triton, bei Hühnchen- und Säugethierembryonen fand Michel noch beim siebenmonatlichen menschlichen Foetus den retinalen Theil der Iris aus einer vorderen pigmentirten und hinteren pigmentfreien Zellschicht aufgebaut; letztere erhält sich im Auge des erwachsenen Triton in dieser unveränderten Form, während sie bei den höheren Wirbelthieren vom Pupillarrande aus allmählig pigmentirt wird. Michel meint nun, da er später nur eine Pigmentschicht fand, dass die hintere früher farblose Schicht, die er nicht ganz zweckmässig als Pars ciliaris retinae bezeichnet, später zu Grunde geht. Der von mir geführte Nachweis, dass die niedrige, bisher zum Dilatator bzw. zur hinteren Grenzmembran gezogene Pigmentzellenlage am Ciliarrande in das pigmentirte äussere Blatt der Pars ciliaris retinae, die sog. Pigmentschicht der Iris dagegen in das innere weiterhin farblose Zellblatt des Ciliartheils der Retina sich fortsetzt, ist für die Deutung entscheidend. Ersteres gehört nicht zur Grenzmembran, sondern zur Pars iridica retinae, entspricht dem vorderen Ende des äusseren Blattes der secundären Augenblase. Interessant ist in dieser Beziehung, dass das Pigmentepithel der Pars ciliaris retinae auf dem der Iris zugekehrten Theile der Ciliarfortsätze in der Nachbarschaft des Ciliarrandes noch aus denselben niedrigen spindelförmigen Pigmentzellen besteht, wie sie aus der sog. Dilatatorschicht beschrieben werden. Hier wird es aber gewiss Niemandem in den Sinn kommen, von einem Dilatator pupillae zu reden. — Die Zusammensetzung der Pigmentschicht der Iris aus zwei pigmentirten Blättern betont Loewe auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Erwägungen. Hirschberg vermochte auf Durchschnitten durch die Iris eines zweijährigen Kindes beide Lagen zu erkennen.

Für die nicht muskulöse Natur der hinteren Grenzschrift hat Grünhagen bereits die vergleichend anatomische Thatsache hervorgehoben, dass bei den Vögeln, denen ein quergestreifter Sphincter und häufig auch quergestreifte radiäre als Dilatator beschriebene Faserzüge zukommen, die hintere Grenzmembran mit ganz denselben Eigenschaften sich findet, wie bei den Säugethieren. Wollte man also die betreffende Lage hier als Dilatator deuten, so würden die Vögel einen glatten und quergestreiften besitzen. — Auch die Iris-Muskulatur der Reptilien ist quergestreift, dagegen der bisher allein nachgewiesene Sphincter pupillae bei Amphibien und Fischen aus glatten Muskelfasern aufgebaut. — Dass die Anordnung der Iris-Muskulatur bei querovaler Form der Pupille an den Polen derselben eine eigenthümliche ist, wird von Michel beim Schweine, von Eversbusch besonders genau beim Pferde beschrieben.

Michel's Untersuchungen über die Entwicklung der Iris beim Menschen ergaben die interessante Thatsache, dass die Iris anfangs nur aus dem Sphinctertheile besteht; der Ciliartheil ist eine spätere Bildung, die noch im sechsten fötalen Monat schmaler ist, als der Sphinctertheil, erst nach dem siebenten Monat den letzteren an Breite überflügelt.

Nerven der Iris.

Aus dem an der Aussenseite und innerhalb des Ciliarmuskels gelegenen Nervenplexus (s. oben S. 196) entwickeln sich nach innen die Nerven der Iris, welche als markhaltige Stämmchen am Ciliarrande in der Nähe der vorderen Fläche der genannten Membran das Gewebe derselben betreten und alsbald innerhalb der Ciliarzone einen oder zwei unregelmässig circuläre Plexus bilden, von denen der dem Sphincter benachbarte am constantesten ist. Die gröberen

Stämme dieser Geflechte, in welchen vielfach ein Faseraustausch statt findet, liegen vor den grösseren Gefässen in der Nähe der vorderen Fläche der Iris. Bei ihrer weiteren Verbreitung verlieren die markhaltigen Nervenfasern nach kürzerem oder längerem Verlauf ihre Markscheide und werden zu blassen Axencylindern. Die aus den Plexus in die Pupillarzone eindringenden Nerven bestehen bereits überwiegend aus marklosen Nervenfasern, welche vorzugsweise für den Sphincter pupillae bestimmt sind. Innerhalb dieses findet sich ein Geflecht feiner blasser Axencylinder, deren letzte Endigung an oder in den glatten Muskelfasern des Sphincter nicht bekannt ist. Innerhalb des Ciliartheils entsenden die gröberen Plexus kleine Bündelchen markloser Nervenfasern, welche die ganze Irissubstanz durchziehen, einen besonders dichten feinen Plexus unweit der Vorderfläche der Membran bilden (A. Meyer), im Uebrigen aber überwiegend für die Gefässe bestimmt sind, um deren Adventitialscheide sie feine Geflechte bilden. In der Wandung der Arterien findet sich überdies ein zweites noch feineres Geflecht, welches die Media umspinnt und feine Nervenfäserchen für deren Muskelfasern entsendet. Ganglienzellen fehlen innerhalb der Iris. In den hinteren Schichten der Iris in der Nachbarschaft der Grenzmembran sind die Nerven nur spärlich vorhanden; eine für glatte Muskulatur charakteristische Anordnung der Nervenfäden existirt an dieser Stelle nicht (A. Meyer). Es spricht also auch die Vertheilung der Nerven gegen die Auffassung, dass die Henle'sche hintere Begrenzungsschicht einen muskulösen Dilatator darstelle.

Während Pause, Formad und Fürst sich gegen die Existenz von Ganglienzellen innerhalb der Iris aussprechen, wird das Vorkommen von Nervenzellen in der Iris von Arnold und Faber behauptet. Meyer vermochte beim Kaninchen keine Ganglienzellen zu finden, beschreibt aber aus der Iris des Menschen Zellen, welche Ganglienzellen sehr ähnlich sehen, nur dass der Nachweis des Zusammenhanges mit Nervenfasern nicht gelang.

Gefässe des Augapfels.

I. Blutgefässe des Augapfels.

Bei der speciellen Beschreibung der einzelnen Theile des Augapfels ist bereits auf das feinere Verhalten ihrer Blutgefässe Rücksicht genommen. Es handelt sich hier also nur noch um eine übersichtliche Zusammenstellung.

Die Blutgefässe des Augapfels gehören zwei verschiedenen Systemen an: 1) dem Netzhautgefässsystem und 2) dem Ciliargefässsystem. Beide gehen nur an der Eintrittsstelle des Sehnerven in den Augapfel unter einander Verbindungen ein, sind sonst vollständig von einander getrennt. Die beiden nach den Verhältnissen im entwickelten Auge benannten Systeme entsprechen im embryonalen Leben den bindegewebigen Theilen des Augapfels, welche wir als innere und äussere Hüllen des Sehbechers auseinander gehalten haben. Das Netzhautgefässsystem ist der Rest des im embryonalen Leben mächtiger entwickelten Blutgefässsystems der inneren Hüllen; das Ciliargefässsystem gehört den äusseren Hüllen des Sehbechers an.

entstammt der durch den Glaskörper ziehenden Fortsetzung der *A. hyaloidea s. capsularis* (S. 126). Capillarausbreitung in der *Membrana capsularis*, *capsulopupillaris* und *pupillaris*. — Verbindung mit Gefässen der Iris aus *M. pupillaris* (S. 127 u. 200). — Venöse Abflüsse theils a) durch 4—8 feine die *A. capsularis* umgebende venöse Gefässe zur *V. centralis retinae (Ricchiardi)* theils b) aus der *Membrana pupillaris* zu den Venen der Iris.

B) Blutgefässe der äusseren Hüllen des Sehbechers. (Ciliargefässsystem).

Verästlungsgebiet:

Hornhautrand, *Conjunctiva bulbi*, *Sclera*, *Chorioides*, Ciliarkörper, Iris.

Ernährungsgebiet:

dasselbe; dazu noch: ganze *Cornea*, epithelialer Theil der *Retina*, Linse.

Arterien.

1) *Aa. ciliares posticae breves* (Fig. 99, a), 4—6 bei ihrer Entstehung aus der *A. ophthalmica*; bei der Durchbohrung der *Sclera* in der Umgebung des Sehnerven-Eintritts durch Theilung bis auf 20 vermehrt (S. 185).

Ausbreitung:

a) vor der Durchbohrung der *Sclera*: feine Zweige zur hinteren Hälfte der *Sclera*, zur Duralscheide des Sehnerven;

b) nach der Durchbohrung der *Sclera*: Hauptausbreitung in der ganzen eigentlichen *Chorioides* und Bildung der Capillaren der *Choriocapillaris* (S. 186).

Anastomosen:

a) an der Eintrittsstelle des Sehnerven mit dem Netzhautgefässsystem und zwar α) durch den Zinn'schen Gefässkranz, β) durch Capillaren der *Choriocapillaris*.

b) am vorderen Ende der *Chorioides* durch die *Aa. recurrentes* (Fig. 99, o), welche in der Zahl von 10—12 den *Aa. ciliares posticae longae*, den *Aa. ciliares anticae* und dem *Circulus arteriosus iridis major* entstammen können.

2) *Aa. ciliares posticae longae* (Fig. 99, b), 2 an Zahl, eine an der lateralen, die andere an der medialen Seite des Augapfels, im horizontalen Meridian desselben zwischen *Sclera* und *Chorioides* nach vorn zum Ciliarkörper ziehend (S. 183). Bildung des *Circulus arteriosus iridis major* (Fig. 99, p) unter Anastomose mit den *Aa. ciliares anticae* (Fig. 99, c).

Zweige der *Aa. ciliares longae* (erst im Ciliarkörper):

a) *Aa. recurrentes* zur *Chorioides*, z. Theil; s. oben.

b) Zweige für den Ciliarmuskel.

c) aus *Circulus art. iridis major*:

α) *Aa. recurrentes* zur *Chorioides* z. Theil.

β) Arterien der Ciliarfortsätze (S. 193).

γ) Arterien der Iris (S. 203).

Anastomosen der langen Ciliararterien:

- a) durch Vermittlung des Circul. arter. iridis major mit den Aa. ciliares anticae.
- b) durch Aa. recurrentes mit den Aa. ciliares posticae breves.
- 3) Aa. ciliares anticae, vordere Ciliararterien (Fig. 99, c).

Sie entspringen aus den Arterien der 4 geraden Augenmuskeln und zwar meist je 2 aus jedem Muskel (für den M. rectus lateralis findet sich gewöhnlich nur eine [Leber]), verlaufen unter Theilung in 2 bis 3 Aeste geschlängelt nach vorn und durchbohren schliesslich die Sclera unweit des Cornealrandes, um hinter dem Schlemm'schen Kanal in den Ciliarmuskel einzudringen.

Vor der Durchbohrung der Sclera auf deren äusserer Fläche entsenden sie:

- a) nach hinten Zweige für den vorderen Theil der Sclera;
- b) nach vorn Zweige;
 - α) zur Conjunctiva sclerae;
 - β) zum Cornealrande, welche letzteren das Randschlingennetz der Hornhaut bilden (Fig. 99 v).

Die durchbohrenden Zweige geben innerhalb des Ciliarmuskels ab:

- a) Verbindungszweige zum Circulus arteriosus iridis major;
- b) Zweige für den Ciliarmuskel;
- c) Aa. recurrentes zur Chorioides, z. Theil.

Ausser dem Circ. arteriosus iridis major, an dessen Bildung sich die vorderen Ciliararterien betheiligen, bilden Zweige der letzteren allein noch einen zweiten hinter dem Circ. art. ir. maj. und tiefer gelegenen unvollständigen Gefässkranz: *Circulus arteriosus musculi ciliaris* [Leber].

Anastomosen der vorderen Ciliararterien:

- a) durch Vermittlung des Circul. art. iridis major mit den Aa. ciliares posticae longae;
- b) durch Aa. recurrentes mit den Aa. ciliares posticae breves.

Venen.

1) Vv. vorticosae s. ciliares posticae (Fig. 99, h) s. oben S. 84. Sie sammeln das Blut aus der Iris, den Ciliarfortsätzen, einem Theile des Ciliarmuskels, dem Orbiculus ciliaris und der Chorioides und nehmen nach der Durchbohrung der Sclera noch episclerale Venen auf. Die Venae vorticosae entsprechen also dem Gebiet der Aa. ciliares posticae breves und longae sowie einem Theil des Gebiets der Aa. ciliares anticae zusammengenommen.

2) Die Vv. ciliares anticae, vordere Ciliarvenen (Fig. 99, c') haben ein engeres Verbreitungsgebiet als die gleichnamigen Arterien. Innerhalb des Augapfels beziehen sie nur aus dem Ciliarmuskel Zweige. Während der Durchbohrung der Sclera nehmen sie die Verbindungsgefäße des Canalis Schlemmii auf (s. S. 176); nach der Durchbohrung endlich erhalten sie Zuflüsse: a) aus dem episcleralen Gefässnetz, b) von vorn aus der Conjunctiva sclerae

(vordere Conjunctivalvenen) und c) aus dem Randschlingennetz der Hornhaut. Sie münden dann in ähnlicher Weise in die Venen der geraden Augenmuskeln, wie die Aa. ciliares anticae aus den entsprechenden Arterien entstehen.

3) Die Venulae ciliares posticae breves (Fig 99, i) sind kleine Venen, welche in der Umgebung des Sehnerveneintritts sich aus Venen der Sclera und der Duralscheide des Sehnerven sammeln und dann mit den Aa. cil. post. breves verlaufen. Von letzteren sind sie aber durch den Mangel perforirender chorioidaler Zweige bedeutend verschieden.

II. Lymphbahnen des Augapfels.

Zur Kritik der Methoden.

Die Untersuchung der Lymphbahnen des Augapfels, also der Abflusswege der aus dem Blute in die Gewebe des Auges übertretenden intraocularen Flüssigkeiten ist mit Hülfe verschiedener Methoden in Angriff genommen worden: 1) durch direkte Injektion der Spalträume des Augapfels mit nicht diffundirenden Flüssigkeiten (Schwalbe), 2) durch Injektion einer zehnprocentigen Lösung von Ferrocyankalium in den Glaskörper, die vordere Kammer oder das subcutane Bindegewebe lebender Thiere, meist Kaninchen (Knies, Weiss, Ulrich), 3) durch Injektion von Fluorescein in das Unterhautbindegewebe oder in die Bauchhöhle lebender Thiere (Ehrlich, Pflüger, Schöler und Uhthoff). Ehe man die Resultate, welche mit Hülfe der genannten Methoden gewonnen wurden, unter einander vergleicht, muss man sich darüber klar sein, was mittelst jeder einzelnen gezeigt werden soll und kann. Die direkten Injektionen an herausgeschnittenen Augen leisten genau dasselbe, was derartige Injektionen an anderen Stellen des Körpers anerkannter Massen leisten: sie zeigen uns die normalen gebahnten Wege, welche den intraocularen Flüssigkeiten bei Drucksteigerung zu ihrem Abfluss zur Disposition stehen, sie belehren uns ferner über etwaige Communicationen einzelner Spalträume des Augapfels, können und wollen aber selbstverständlich über den Ort der Absonderung der intraocularen Flüssigkeit aus den Blutgefässen des Augapfels, sowie über die Richtung des Ernährungsstromes innerhalb des Augapfels nichts aussagen, da sie sich bemühen, Diffusionsvorgänge von vornherein auszuschliessen, vielmehr eine rein anatomische Aufgabe sich stellen, offene gebahnte Wege für Abfluss und Communication nachzuweisen. Ganz andere Ergebnisse liefern die beiden anderen genannten Methoden. Sie operiren mit diffusiblen Substanzen, welche leicht die umgrenzenden Gewebe durchtränken und in diesen mehr oder weniger lange festgehalten werden, während sie aus den gebahnten Wegen rasch verschwinden. Sie werden also über rein physiologische Fragen, über die Ernährungsverhältnisse des Augapfels Auskunft geben, auch über die Richtung des normalen Flüssigkeitsstromes innerhalb des Bulbus, falls nur dafür gesorgt wird, die Beobachtungen zu den verschiedensten auf einander folgenden Zeiten nach Injection der betreffenden Flüssigkeit auf allen Stationen ihres Weges von der Secretion an bis zum Austritt aus dem Bulbus zu verfolgen. Dieser nothwendigen Anforderung genügen aber die Versuche von Knies in keiner Weise. Man begnügte sich nach Injection von Ferrocyankalium in den Glaskörper, die vordere Kammer oder das subcutane Bindegewebe mit der Untersuchung verhältnissmässig später Durchtränkungs Zustände, indem man das betreffende Versuchsthier erst $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Stunden nach der Injection tödtete und die innerhalb des Bulbus befindliche Injectionsflüssigkeit durch Einlegen des Augapfels in alkoholische Eisenchloridlösung fixirte. Nun erfahren wir aber durch die Versuche von Ehrlich, dass subcutan injicirtes Fluorescein meist schon nach 5—10 Minuten in der vorderen Kammer erscheint. Ueber den Ausgangspunkt des Flüssigkeitsstromes im Augapfel, über die Richtung desselben können wir also durch die Versuche von Knies, Ulrich und Weiss nichts erfahren. Die ungleich sichereren Fluoresceinversuche widersprechen deshalb den Ferrocyankalium-Versuchen vielfach geradezu direkt. Aber auch über die Abflusswege der intraocularen Flüssigkeit können letztere nichts Sicheres berichten. Denn die an den nach Knies'scher Methode präparirten Augen am intensivsten gefärbten Stellen sind durchaus nicht die feinen Spalträume des Augapfels, vielmehr überall die Grundsubstanz des Bindegewebes sowie die Kittsubstanzen der Epithelien und Endothelien. Die Saftkanälchen des Bindegewebes bleiben ebenso von der Färbung verschont (vergl. oben Cornea S. 164), wie die grösseren Spalträume im Bindegewebe, und doch wird Niemand leugnen, dass sie, wenn auch nicht direkt der Resorption, so doch wenigstens zur Weiterbeförderung der Ernährungsflüssigkeit nach den Lymphbahnen hin dienen, ebensowenig, wie nach den Versuchen von Ehrlich und Schöler daran zu zweifeln ist, dass die subcutan injicirten Substanzen in reichlicher Menge in die vordere Augenkammer übertreten. Ich glaube, es löst sich dieser Widerspruch sehr einfach unter der Annahme, dass die Injectionsflüssigkeit überall da, wo gebahnte Wege, offene Communicationen zum Abfluss zu Gebote stehen, rasch entfernt wird. Dabei findet aber die Ferrocyankaliumlösung selbstverständlich Zeit, die begrenzende Substanz, die Grundsubstanz des

Bindegewebes mehr oder weniger weit zu imbibiren, ebenso wie in Blutgefässe injicirte Karminlösung in das benachbarte Gewebe diffundirt. Die einmal das Gewebe durchtränkende Substanz ist dann aber nicht so schnell wieder durch Nachspülung aus demselben zu entfernen, wie die in offenen Räumen und Gefässen befindliche. Die Grundsubstanz des Bindegewebes hält die angesaugte Lösung fest und giebt sie erst nach und nach an die Saftkanälchen ab, welche sie nunmehr rasch zu den Lymphgefässen weiter führen, sodass sie stets nur verhältnissmässig geringe Mengen der eingeführten Substanz enthalten werden. Dies ist auch der Grund, weshalb bei Durchtränkung der Hornhaut mit Ferrocyankalium von der vorderen Kammer aus nach Einlegen in Eisenchlorid die Saftkanälchen farblos auf blauem Grunde erscheinen. Die Knies'sche Methode ergiebt also nicht die normalen gebahnten Abflusswege, sondern markirt einfach die Stellen, welche nach längerer Durchspülung des Auges mit der betreffenden Flüssigkeit sich mit letzterer auf dem Wege der Diffusion noch imbibirt zeigen, markirt dieselben durch um so intensivere Färbung, je zäher die betreffenden Gewebspartieen die Flüssigkeit fest gehalten haben, man könnte also geradezu sagen, je geringer der Flüssigkeitsverkehr in ihnen ist. Die von Knies und anderen innerhalb der Sclera, von Ulrich im Gebiet des Ciliartheils der Iris als „Filtrationsstreifen“ beschriebenen intensiv blauen Streifen bezeichnen also nicht den Ort, an welchem eine rege Durchströmung stattfindet, sondern nur Stellen, welche besonders lange die durchströmende Flüssigkeit festgehalten haben. Die Methode von Knies kann demnach über die normalen Abflusswege der intraocularen Lymphe ebenso wenig Auskunft geben, als wenn man z. B. versuchen wollte, durch Einstichsinjection mit Ferrocyankalium in ein beliebiges Gewebe eines lebenden Thieres und einige Zeit darauf erfolgende Blaufärbung durch Eisenchlorid die normalen abführenden Lymphgefässe zu finden. Man wird auch hier in den Lymphgefässen nicht viel finden, dagegen vielfach Imbibition der Grundsubstanz des Bindegewebes.

Aber auch für die Frage nach dem Ort der Absonderung der intraocularen Flüssigkeit, nach der Richtung des Flüssigkeitsstromes innerhalb des Augapfels wird die Knies'sche Methode aus den angegebenen Gründen nur unsichere Resultate ergeben. Für die Entscheidung dieser Fragen ist die Anwendung des Fluorescein bei weitem vorzuziehen, weil sie direkte Beobachtung zu den verschiedensten Zeiten nach Beginn des Versuches ermöglicht. Die anatomisch präformirten Abflusswege kann aber letztere Methode ebenfalls nicht demonstrieren, weil die dazu benützte Flüssigkeit ausserordentlich leicht diffundirt. Wir sind deshalb bei der Beantwortung der Frage nach den präformirten offenen Lymphbahnen und Abflusswegen der Augenlymphe, wie in den übrigen Organen des Körpers, auf die künstlichen Injectionen mit nicht diffusiblen Substanzen nach wie vor angewiesen, die meist an herausgeschnittenen Augen oder an den in situ befindlichen Augen getödteter Thiere (Schwalbe), zum Theil auch an den Augen lebender Thiere (Grünhagen und Heisrath) angestellt wurden. Die nun folgende Zusammenstellung der Lymphbahnen des Augapfels basirt also auf Injektionsresultaten; die sich daran anschliessenden Angaben über die Ernährungsverhältnisse des Bulbus hält sich vorzugsweise an die Ermittlungen der Fluorescein-Methode unter Berücksichtigung der durch die Anwendung der Knies'schen Methode veranlassten abweichenden Angaben von Knies, Ulrich und Weiss.

Das Lymphbahngebiet des Augapfels kann man in ein vorderes und hinteres eintheilen.

I) Die vorderen Lymphbahnen.

Hierzu gehört vor Allem das Gebiet der vorderen Augenkammer mit seinen Zuflüssen, ferner das System der Saftkanälchen der Hornhaut und der vorderen Bezirke der Sclera.

1) System der vorderen Augenkammer.

Die vordere Augenkammer wird von einer klaren wasserhellen Flüssigkeit, dem Humor aqueus erfüllt, die normaler Weise stets Spuren von Eiweiss und Zucker, aber keine Fibringeneratoren (Jesner) enthält. Wie in der Lymphe finden sich in ihr auch geformte Elemente, nämlich farblose Blutkörperchen, wenn auch in geringerer Zahl. Die Menge des Humor aqueus beträgt nach C. Krause 0,21—0,30 gr.

Mit der vorderen Augenkammer communicirt, wie Injectionen in letztere ergaben, die hintere Augenkammer mittelst der capillaren Spalte zwischen

Iris und Linse und mit dieser wiederum in der oben (S. 145) beschriebenen Weise der Petit'sche Kanal.

Abstammung des Kammerwassers und normale Flüssigkeitsströmung im System der vorderen Augenkammer.

a) In Betreff der Flüssigkeitsströmung im Gebiet des Petit'schen Kanales, der hinteren und vorderen Kammer ergaben die nach der Knies'schen Methode angestellten Versuche eine Strömung vom Petit'schen Kanale zur vorderen Augenkammer. Nach Knies und Ulrich soll beim Kaninchen vom Glaskörper aus ein in letzter Instanz aus den Chorioidalgefässen abzuleitender Filtrationsstrom durch den Petit'schen Kanal nach vorn gehn und somit einen Theil des Kammerwassers liefern, während ein anderer Beitrag zum Kammerwasser von den Gefässen des Ciliarkörpers abgegeben wird. Auch Deutschmann's Untersuchungen, welche nach Punction der vorderen Kammer am frischen Leichenauge eine Anfüllung jener mit einer Flüssigkeit, die eiweissreicher ist, als der Humor aqueus, constatirten, konnten auf einen Beitrag, den die Glaskörper-Flüssigkeit zum Kammerwasser liefert, gedeutet werden. Dagegen ergeben nun aber die Fluorescein-Versuche, welche Pflüger sowie Schöler und Uthhoff nach dem Vorgange von Ehrlich anstellten, dass der Humor aqueus in der hinteren Kammer secernirt wird und zwar aus den Gefässen des Ciliarkörpers und der hinteren Fläche der Iris stammt, welchen Gefässgebieten Leber schon früher ausschliesslich die Bildung des Kammerwassers zugesprochen hatte. Es geht von der hinteren Kammer aus der normale Flüssigkeitsstrom einerseits in die vordere Kammer, andererseits nach hinten in den Petit'schen Kanal, aus welchem Flüssigkeit wiederum nach hinten in den Glaskörper diffundiren kann. Eine Betheiligung von Glaskörperflüssigkeit an der Bildung des Humor aqueus ist schon deshalb auszuschliessen, weil nach Injection von Fluorescein in den Glaskörper keine Spur von Leuchten in der vorderen Kammer bemerkt wird, dagegen umgekehrt nach Injection dieser Substanz in die vordere Kammer der Glaskörper Fluorescein aufnimmt.

Der Weg, den die in der hinteren Kammer gebildete Flüssigkeit zur vorderen einschlägt, sollte nach Ulrich entgegen allen sonstigen Thatsachen, nur auf Grund der Resultate der Knies'schen Methode, normaler Weise durch die Wurzel der Iris in den Winkel der vorderen Augenkammer führen, gekennzeichnet durch einen von Ulrich beschriebenen, die Iriswurzel durchsetzenden blauen Filtrationsstreifen. Nach Schöler und Uthhoff existirt aber dieser Strom nicht, vielmehr schlägt die Flüssigkeit, um von der hinteren zur vorderen Kammer zu gelangen, den Weg zwischen Iris und Linse zur Pupille ein.

b) Steht nun auch fest, dass der bei weitem grösste Theil des Kammerwassers aus den Gefässen der Ciliarfortsätze und der hinteren Irisfläche stammt, so kann doch nicht in Abrede gestellt werden, dass die Irislymphe noch einen weiteren, wenn auch unbedeutenderen Beitrag zum Humor aqueus liefert. Es wurde oben (S. 203) hervorgehoben, wie die Grundsubstanz der Iris einem in verschiedenem Grade mit Flüssigkeit getränkten Schwamme gleicht; die Maschenräume des schwammigen Gewebes communiciren am Ciliarrande der Iris schliesslich mit dem Lückensystem des Fontana'schen Raumes, welcher ja, wie Fig. 100 ergiebt, sich noch zwischen Iriswurzel und Müller'schen Ringmuskel hineinschiebt. Hier wird also der Abfluss der innerhalb der Iris gebildeten Lymphe erfolgen.

Abflusswege des Kammerwassers.

a) Dass der Hauptabfluss des Kammerwassers an der Corneoscleralgrenze stattfindet und zwar durch das Gewebe des Fontana'schen Raumes (Ligamentum pectinatum) und den Schlemm'schen Kanal in die vorderen Ciliarvenen, habe ich oben (S. 178) ausführlich erörtert und gegen Angriffe vertheidigt.

Fig. 100.

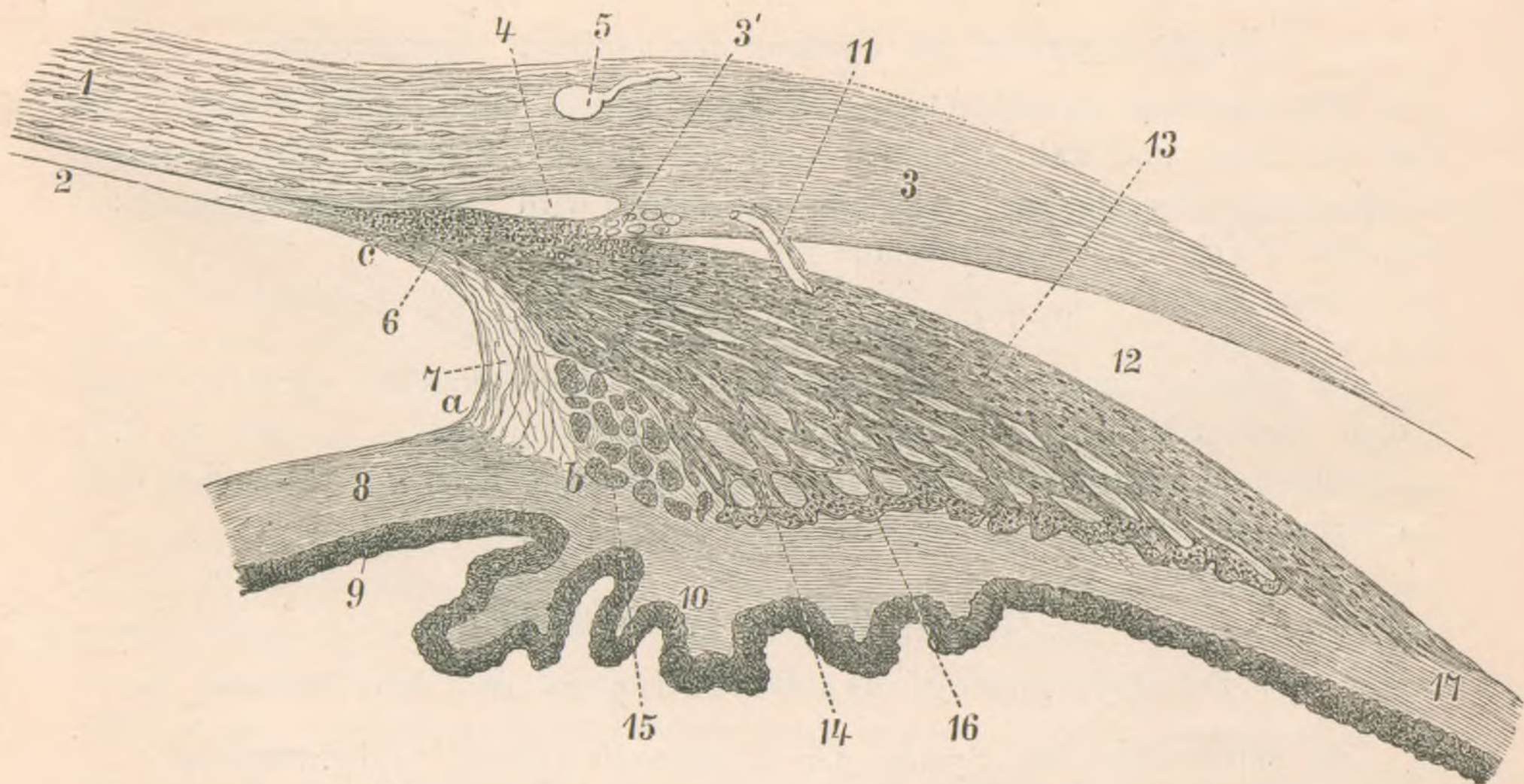


Fig. 100. Meridionaler Schnitt durch den Ciliarkörper des Menschen.

1, Cornea; 2, Descemet'sche Membran; 3, Sclera; 3', Scleralwulst mit circulären quergeschnittenen Bindegewebsbündeln; 4, Canalis Schlemmii; 5, Venen-Durchschnitt im Gewebe der Sclera; 6, kernreiches Plattenwerk der inneren Wand des Schlemm'schen Kanals; 7, Fontana'scher Raum, vom Gewebe des sog. Lig. pectinatum iridis erfüllt, das Dreieck abc einnehmend; 8, Iris-Stroma; 9, Pigmentepithel der Iris; 10, innere bindegewebige Grenzschicht des Ciliarkörpers, in die bindegewebige Grundlage der Ciliarfortsätze übergehend; 11, aus dem Ciliarmuskel sich entwickelnde vordere Ciliarvene; 12, Perichorioidalraum; 13, meridionale, 14, radiäre Fasern des Ciliarmuskels; 15, Müller'scher Ringmuskel; 16, circuläre Faserlage an der Innenfläche des Ciliarmuskels; 17, Anfang der Chorioides.

b) Auf dem Wege der Diffusion gelangen (vergl. oben S. 164) aus der vorderen Augenkammer verschiedene Substanzen z. B. gelbes Blutlaugensalz in die Substanz der Hornhaut (Leber und Krückow, Knies). Man schliesst daraus, dass auf diesem Wege die Ernährung wenigstens der hinteren Schichten der Hornhaut vermittelt werde. Einen Abflussweg des Kammerwassers aber hierin zu sehen, ist ebensowenig statthaft, als aus der Thatsache, dass vom Petit'schen Kanal aus zunächst die äquatorialen Bezirke der Linse von Ernährungsflüssigkeit durchtränkt werden, zu entnehmen, die Substanz der Linse sei ein Abflussweg intraocularer Flüssigkeit. Ueberdiess ist die Angabe, dass die Hornhaut vorzugsweise von der vorderen Kammer aus ernährt werde, nicht einmal allgemein anerkannt. So sah Pflüger von der vorderen Kammer aus nie Fluorescein in die Cornea hineintreten und spricht demnach dem Humor aqueus jede Bedeutung für die Ernährung der Hornhaut ab. Ebenso gelangte Denissenko unter Anwendung der Knies'schen Methode beim Frosche zu der Ansicht, dass die Ernährung der Hornhaut von den sie umgebenden Blutgefässen aus, nicht aus der vorderen Kammer stattfinde.

c) Nach Knies, Ulrich und Weiss verlässt ein grosser Theil des Kammerwassers das Auge im Gebiet eines eigenthümlichen Streifens, welcher in der Nähe des Cornealrandes zwischen zwei Endothelzellenreihen der Descemet'schen Membran beginnt, in das Gewebe der Sclera eindringt und innerhalb der Substanz derselben mehr oder weniger weit nach hinten und aussen sich erstreckt, von Weiss und Knies später auf die Aussenfläche der Sclera bis zum Sehnerven verfolgt wurde. Dieser Streifen, welcher nach Ulrich zuweilen doppelt ist und in seiner Lagerung nicht constant, soll nach den genannten Forschern der Richtung des Hauptfiltrationsstromes aus der vorderen Kammer entsprechen. Ich habe mich schon oben in der kritischen Einleitung über die Deutung dieser Befunde ausgesprochen. Den Nachweis einer dem blauen Streifen entsprechenden Filtrationsströmung kann ich nicht als erbracht ansehen.

Ernährungsgebiet des Systems der vorderen Augenkammer.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, umfasst dasselbe jedenfalls die Iris und die Linse und wahrscheinlich auch die hinteren Schichten der Hornhaut, sowie Theile der Sclera. Innerhalb der Linse wird die Ernährungsflüssigkeit zunächst durch die Kittsubsubstanz fortgeleitet.

2) Die Lymphwege der Cornea.

Sie werden durch die Saftkanälchen und Nervenkanäle repräsentirt und haben ihren Abfluss in die Lymphgefässe der Conjunctiva (s. oben S. 163), communiciren andererseits am Rande der Hornhaut aber auch mit den Saftkanälchen der Sclera.

II. Die hinteren Lymphbahnen.

1) Die Lymphwege des Glaskörpers und der Retina.

Sie entsprechen dem System der A. centralis retinae. Injicirbar sind

a) der Canalis hyaloideus des Glaskörpers (s. oben S. 138); Abfluss zu den Lymphspalten des Sehnerven.

b) Die perivascularären Kanäle der Netzhaut (S. 122). Abfluss zu den Lymphspalten des Sehnerven.

Die Lymphspalten des Sehnerven communiciren zunächst mit dem subarachnoidalen Raume des Sehnerven, über dessen Verbindungen mit den grossen Lymphräumen des Gehirns oben S. 122 und Neurologie S. 785 zu vergleichen ist.

Das Ernährungsgebiet der Retinalgefässe ist die Gehirnschicht der Retina, der Glaskörper und Sehnerv.

2) Das System der perichorioidalen Räume (des Perichorioidalraumes).

Dies innerhalb der Suprachorioidea zwischen Chorioides und Sclera gelegene Spaltensystem (oben S. 181) sammelt die in der Chorioides gebildete Lymphe, entspricht also dem Gebiet der kurzen hinteren Ciliararterien. Der Abfluss der im Perichorioidalraum befindlichen Lymphe findet statt: 1) in perivascularären die Vasa vortiosa umgebenden Räumen, welche zunächst zur Aussenfläche der Sclera in einen dieselbe umhüllenden Spaltraum, den Tenon'schen Raum, führen, aus welchem dann Communicationen mit einem Spaltraum, der den Sehnerven aussen umgiebt (supravaginalen Raum) und durch diesen wieder mit den grossen Lymphspalten des Schädels bestehen (Schwalbe); 2) ein Theil der in den Perichorioidalraum injicirten Flüssigkeit gelangt auch um die Arteriae ciliares posticae herum in den Tenon'schen Raum (Key und Retzius); 3) endlich ist in der Umgebung des Opticuseintritts die Möglichkeit einer Communication

des perichoroidalen Raumsystems und der Scheidenräume des Schnerven gegeben, sowie ferner zwischen diesen und dem supravaginalen Raume die Saftkanälchen der Duralscheide Kommunikationen vermitteln (Michel; siehe oben S. 122).

Das Ernährungsgebiet der Chorioidalgefäße ist die Epithelschicht und Neuroepithelschicht der Retina, die gesamte Chorioides; die Ernährung der Sclera erfolgt von spärlichen eigenen Gefäßen aus.

B) Schutz- und Hilfsapparate des Sehorgans.

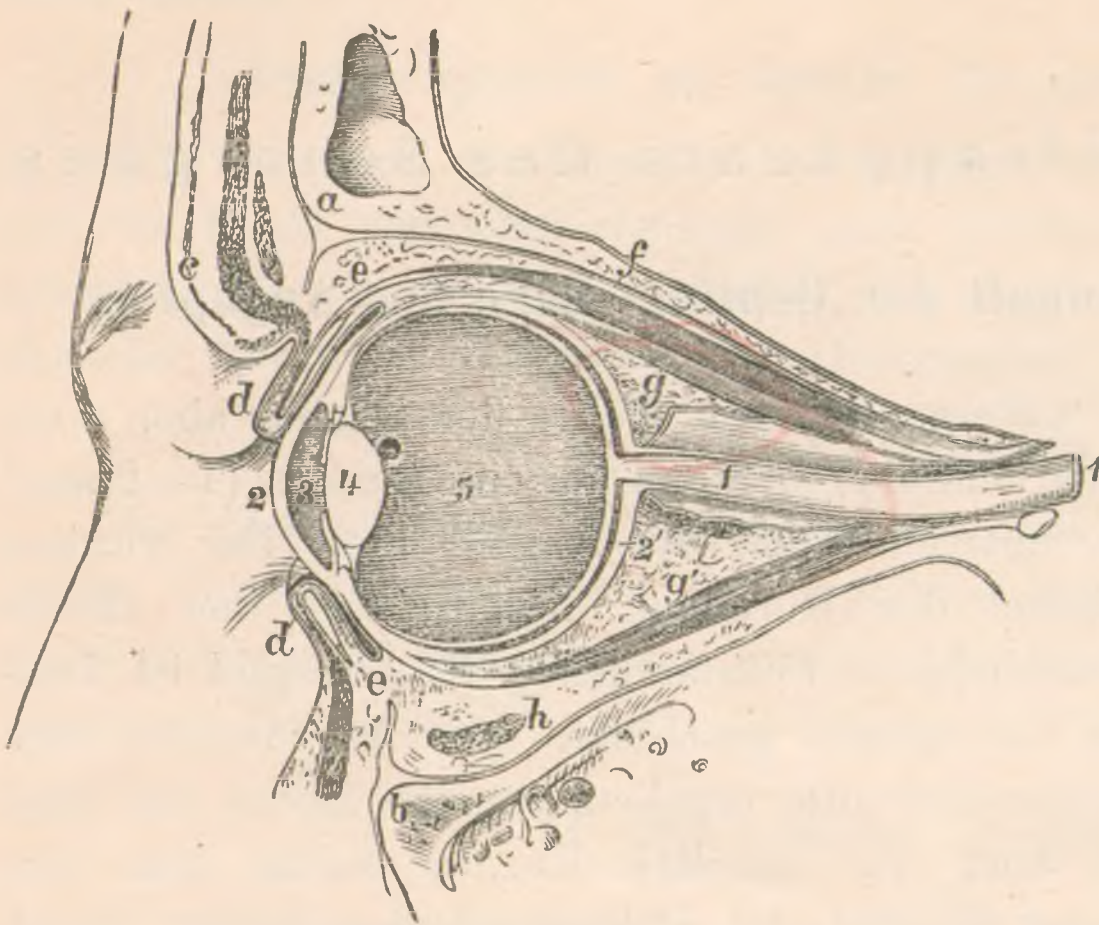
I. Uebersicht über den Inhalt der Orbita. Lage des Augapfels.

Der Augapfel liegt in der vorderen weiteren Hälfte der Orbita, aber nicht genau axial, sondern der lateralen und oberen Wand um ein Geringes (1—2 mm) näher, als der medialen bzw. unteren Wand der Augenhöhle. Der vordere Pol des Bulbus oculi, der Scheitel der Hornhaut, berührt eine den oberen und unteren Augenhöhlenrand verbindende Frontalebene; der Augapfel ist demnach oben und unten durch den Orbitalrand geschützt. Die Aequatorialebenen beider Augäpfel fallen, wie Horizontalschnitte ergeben, in eine Ebene und sind genau frontal gestellt. Da nun aber eine vertikale Ebene, welche man sich durch den medialen und lateralen Winkel des Orbitalumfangs gelegt denkt, nicht frontal steht, sondern lateralwärts nach hinten divergirt, einen Winkel von $10-12^{\circ}$ mit der Frontalebene bildend, so folgt daraus, dass ein ansehnlicher Theil der lateralen Fläche des Augapfels nicht mehr durch den knöchernen Orbitalrand geschützt wird, sondern frei zugänglich ist. Verbindet man an einem horizontalen Längsschnitt der Augenhöhle den medialen und lateralen Orbitalrand durch eine gerade Linie, so durchsetzt diese an der lateralen Seite die Hüllen des Augapfels noch hinter der Ora serrata, während sie medial viel weiter nach vorn, etwa am Corneoscleralrande den Bulbus verlässt (Merkel). — Bezeichnet man als Basalebene der Orbita die den Hornhautscheitel tangirende Frontalebene, die Orbitalmündung des Canalis opticus dagegen als Spitze der Orbital-Pyramide, so entspricht die Lage des hinteren Poles vom Augapfel etwa der Mitte des Abstandes von Basis und Spitze (vgl. Fig. 101 u. 102).

Nur das vordere Drittel der Oberfläche des Augapfels, die gesamte Cornea und eine oben und unten etwa $8\frac{1}{2}$, lateral und medial etwa 10 mm breite Zone der Sclera umfassend, ist frei der Aussenwelt zugekehrt (Fig. 101), allerdings noch überzogen von einer dünnen modificirten Fortsetzung der äusseren Haut, die den Namen *Conjunctiva* erhalten hat. Dieselbe gelangt, wie man am besten an vertikalen Längsschnitten durch die Axe der Orbita erkennen kann, nicht direkt als Fortsetzung der den Orbitalrand bedeckenden Haut auf den Augapfel, sondern oben und unten unter Bildung einer ansehnlichen Falte, welche als oberes und unteres Augenlid (*Palpebra superior* und *inferior*) bezeichnet werden (Fig. 101, d und d'). Am Lidrande geht der nicht modificirte Theil der Haut continuirlich in den modificirten als *Conjunctiva* bezeichneten über. Letztere bekleidet somit schon die innere Oberfläche der Augenlider als

Conjunctiva palpebrarum und schlägt sich dann in der genannten Entfernung vom Cornealrande auf die Oberfläche des Augapfels um, wo sie speciell als Conjunctiva bulbi (Fig. 32, 4; Fig. 101) bezeichnet wird und im Gebiet der Sclera noch eine wohl ablösbare Schicht darstellt, mit der vorderen Fläche der Hornhaut aber untrennbar verwachsen ist, mit Ausnahme der Rand-

Fig. 101.



partieen hier nur noch durch das vordere Epithel der Cornea vertreten (S. 149). Die Uebergangsstelle der Conjunctiva palpebrarum in die Conj. bulbi bezeichnet man als Fornix conjunctivae (Fig. 101, e; Fig. 102, 19 u. 20).

Fig. 101. Vertikaler Durchschnitt durch die linke Augenhöhle und ihren Inhalt in der Richtung der Orbitalaxe, bei geöffneter Lidspalte.

a, Stirnbein mit Stirnhöhle; b, Oberkiefer; c, Augenbrauenwulst; d, oberes, d', unteres Augenlid mit Cilien; e, e, Fornix conjunctivae; f, Musc. levator palpebrae superioris; g, M. rectus oculi superior; g', M. rectus oculi inferior; h, Durchschnitt des M. obliquus oculi inferior; 1, Sehnerv; 2, Hornhaut; 3, vordere Augenkammer; 4, Linse; 5, Glaskörper.

Der grössere Theil, nämlich etwa zwei Drittel der Oberfläche des Augapfels, ist den die Orbita erfüllenden Weichtheilen zugekehrt, unter denen Muskeln und Fett alle anderen Bestandtheile an Masse überwiegen. Das Orbitalfett (sog. Fettkapsel des Augapfels, *Capsula adiposa bulbi*) (Fig. 102, 11, 11 und zwischen 4 und 6 a, ferner um 14) füllt im Allgemeinen die Zwischenräume zwischen den Muskeln der Augenhöhle aus. Sechs dieser Muskeln, die vier Mm. recti oculi (Fig. 102, 7 und 13) der M. obliquus oculi superior und der M. levator palpebrae superioris (Fig. 102, 6) entwickeln sich an der Spitze der Orbital-Pyramide aus der Umgebung des Opticus und Oculomotorius bei ihrem Eintritt in die Orbita (s. unten Genaueres) und entfernen sich sodann auf ihrem Wege nach vorn der Art von einander, dass sie in der Mantel-Ebene eines Kegels verlaufen, dessen Basis etwa durch die Aequatorialebene des Bulbus, dessen Spitze durch das Ursprungsgebiet jener Muskeln gebildet wird (Augenmuskelkegel). Die vier Mm. recti gruppieren sich dabei so, dass je einer längs der oberen und unteren Seite (Fig. 102, 7 u. 13), die beiden anderen längs der lateralen bzw. medialen Seite des Kegelmantels nach vorn verlaufen, um sich vor dem Aequator des Augapfels an der Sclera zu befestigen. Der M. rectus superior wird während seines Verlaufs zum Theil vom M. levator palpebrae superioris gedeckt, der aber über den Bulbus hinaus in das obere Augenlid gelangt; der M. obliquus superior liegt mit seinem Muskelbauche, der sich als solcher bis in die Nähe der Fossa oder Spina trochlearis am medialen Orbitalwinkel erstreckt, oberhalb des Musculus rectus medialis. Durch den eben kurz charakterisirten Augenmuskelkegel wird nun das Orbitalfett unvollständig gesondert in einen innerhalb jenes Kegels gelegenen Abschnitt (Fig. 102, 11) und

Fig. 102.

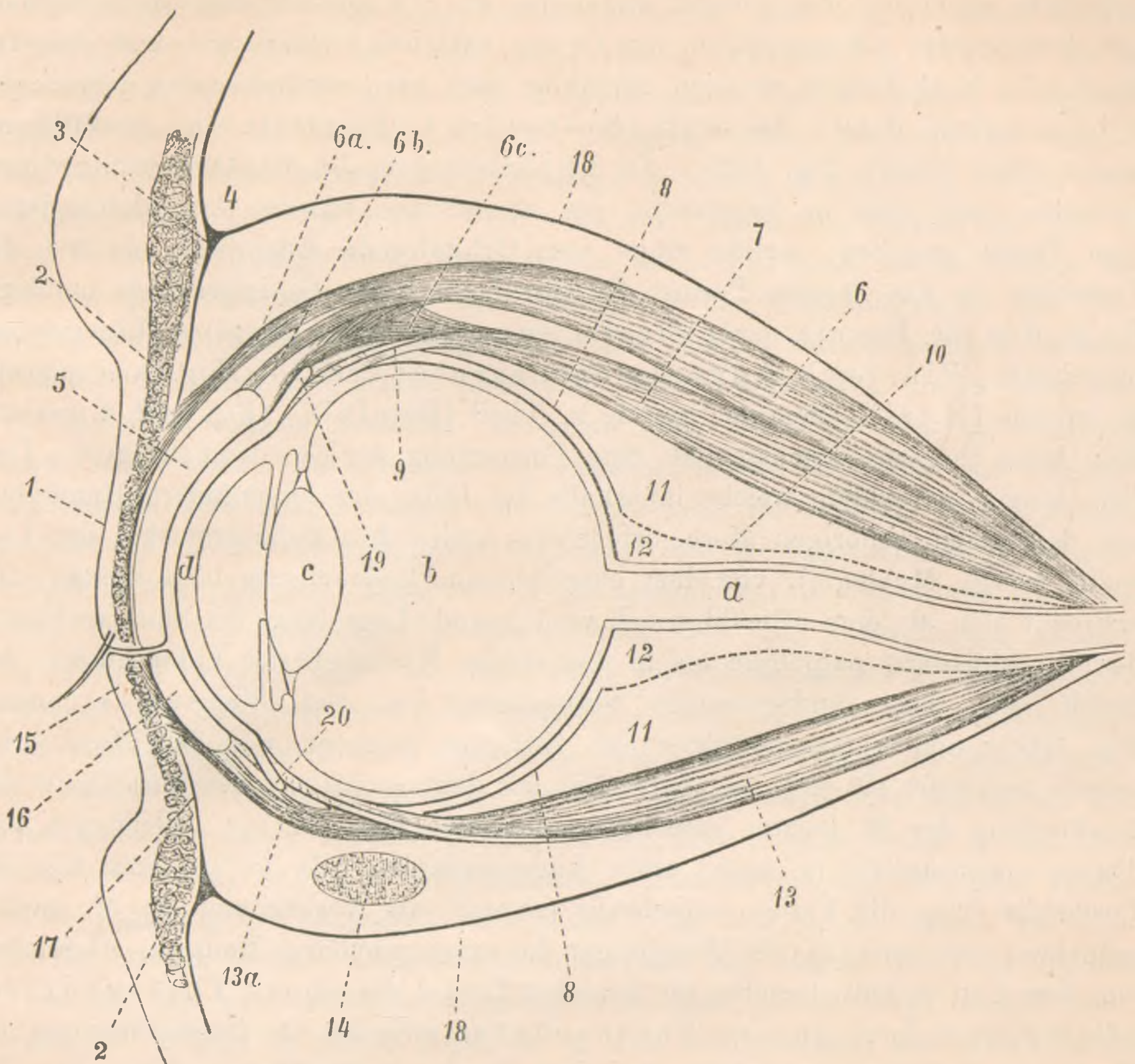


Fig. 102. Vertikaler Durchschnitt durch den Augapfel und die Orbita in der Richtung der Orbitalaxe, bei geschlossener Lidspalte. $\frac{2}{1}$.

1, Haut des oberen Augenlides; 2, 2, Musculus orbicularis palpebrarum; 3, Fascia palpebralis superior; 4, Rand des Stirnbeins; 5, Tarsus superior, schematisch abgegrenzt; 6, Musculus levator palpebrae superioris; 6 a, dessen Hauptsehne, welche sich zwischen Tarsus und M. orbicularis ausbreitet; 6 b, der glatte M. palpebralis superior; 6 c, vereinigt zur Conjunctiva ziehender Fascienzipfel des M. levator palpebrae und M. rectus superior; 7, M. rectus superior; 8, 8, Tenon'sche Fascie; 9, Sehne des M. rectus superior, durch den Tenon'schen Raum ziehend; 10, Abgrenzung des inneren Orbitalfettes 11, gegen den supravaginalen Raum 12; 13, M. rectus oculi inferior; 13 a, sein Fascienzipfel zum unteren Augenlid; 14, Querschnitt des M. obliquus inferior; 15, Haut des unteren Augenlides; 16, Tarsus inferior, schematisch abgegrenzt; 17, Fascia palpebralis inferior; 18, 18, Periorbita; 19, 20, Fornix conjunctivae; a, Sehnerv; b, Glaskörper; c, Linse; d, Hornhaut.

einen ausserhalb befindlichen Theil, welche selbstverständlich in den Zwischenräumen zwischen den Muskeln unter einander zusammenhängen. Im Gebiet des ersteren, aber nur zum Theil in der Axe des Kegels der Augenmuskeln, verläuft der N. opticus (vergl. S. 83), vom compacteren Fett zunächst noch durch einen ein lockeres Bindegewebe sowie hintere Ciliargefässe und Ciliarnerven enthaltenden Spaltraum, den supravaginalen Raum (Schwalbe) (Fig. 102, 12) getrennt. Ausserhalb des Augenmuskelkegels findet sich Orbitalfett eigentlich nur in der vorderen Hälfte der Augenhöhle. Es liegen nämlich die äusseren Flächen der genannten Muskeln in ihrer hinteren Hälfte dem Periost der Orbitalwandungen, der Periorbita (Fig. 102, 18), nahezu an, sodass hier nur geringer Raum übrig bleibt. Weiter nach vorn wenden sich aber die geraden

Augenmuskeln in sanften Bogen ihren Insertionsstellen am Bulbus, der *M. levator palpebrae superioris* dem oberen Augenlide, zu. Es entsteht somit an vertikalen und horizontalen Längsschnitten der Orbita zwischen Orbitalwand und äusserer Fläche des Muskelkegels ein sich allmählig nach vorn verbreiterndes dreieckiges Feld, innerhalb dessen das extramuskuläre Orbitalfett eine Ausfüllungsmasse bildet (vergl. Fig. 102). An Vertikalschnitten ist die Abgrenzung dieses Gebietes nach vorn im Basaltheile des oberen und unteren Augenlides durch eine Fascie gegeben, welche rings vom Orbitalrande entspringt, da wo die Periorbita in das äussere Periost des Stirnbeins bzw. Gesichtsskelets umbiegt. Es ist dies die *Fascia palpebralis superior* und *inferior* (*Ligamentum palpebrale* [Winslow], *Augenlidaponeurose* [Arnold], *Lig. tarsi superius et inferius* [Hyrtil], *Septum orbitale z. Theil* [Henle]). (Fig. 102, 3 und 17). Man kann sie gewissermassen als eine Fortsetzung der Knochenhaut in die Lidfalte hinein betrachten, welche innerhalb des Lides das unveränderte Hautgebiet mit dem dazu gehörigen *Musc. orbicularis oculi*, dem Schliessmuskel der Lidspalte (vergl. Myologie), von dem eingefalteten Conjunctivalgebiete trennt. Sie erstreckt sich als eine allmählig sich verdünnende Lage längs der hinteren Fläche des *M. orbicularis palpebrae* bis in den steifen Randtheil des Lides hinein, der durch eine feste bindegewebige Stützplatte, den sog. *Tarsus* (s. unten; Fig. 102, 5 und 16) ausgezeichnet ist. Zwischen letzterem und dem *Musc. orbicularis* verbindet sie sich im oberen Lid mit dem vorderen (äusseren) Theile der Ausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* (Fig. 102, 6a), welche vor dem *Tarsus* vorbeistreicht (s. unten unter Augenmuskeln). Es bilden somit hier die Periorbita (18), die *Fascia palpebralis* (3) und die Ausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* (6a) die Wandungen des extramuskulären Raumes. Abgesehen von dem Fett enthält derselbe im lateralen Drittel die obere Thränendrüse, während die kleinere untere Thränendrüse zwischen der Endausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* und dem *Fornix conjunctivae* gelegen ist. Im Gebiet des unteren Augenlides findet der entsprechende Raum seinen Abschluss gegen die *Conjunctiva* durch ein derberes Bindegewebe, welches von der Fascie des *M. rectus inferior* nach vorn und unten zur *Conjunctiva* und *Augenlidaponeurose* zieht (Fig. 102, 13a). Innerhalb des extramuskulären Raumes verläuft hier der *M. obliquus inferior* (14). – Horizontale Längsschnitte zeigen den extramuskulären Raum durch ähnliche aber stärkere Bindegewebszüge, *Fascienzipfel* (*prolongements du 2. ordre* [Sappey]), abgeschlossen, an deren Bildung sich indessen nicht bloss die Fascien des *M. rectus medialis* und *lateralis*, sondern auch die Endausbreitung des *M. levator palpebrae supp.* und die Fascie des *M. rectus superior* und *inferior* betheiligt. Diese starken lateralen und medialen Fascienzipfel verbinden sich fest mit dem Periost des Orbitalrandes an unten genauer zu markirenden Stellen und sorgen somit sehr wesentlich dafür, dass der Augapfel bei Kontraction der *Mm. recti* nicht nach hinten in die Orbita zurückgezogen werden kann, sondern lediglich eine Drehung erfährt. Auch das hinter dem Bulbus befindliche Orbitalfett sichert ihn in seiner Lage. Schwindet das Fett, wie nach längeren Krankheiten, so erfolgt ein Zurücksinken des Augapfels, bei guter Ernährung wiederum ein Vortreten.

Gegen den Augapfel ist das Orbitalfett durch eine besondere Fascie abgegrenzt, welche aussen durch Bindegewebsblätter vielfach mit dem die Fettläppchen

durchsetzenden Bindegewebe im Zusammenhang steht, dem Augapfel aber, von dessen Oberfläche sie durch einen feinen Spaltraum, den Tenon'schen Raum (Schwalbe), getrennt ist, eine glatte Fläche zukehrt (Fig. 102, 8). Es ist dies die Tenon'sche Fascie oder Tenon'sche Kapsel (*Fascia s. capsula Tenoni*, Kapsel des Bulbus [Henle], Vagina bulbi, Bonnet'sche Kapsel [Langer], *Portion centrale* der *aponeurose orbitaire* [Sappey]). Nach vorn erstreckt sich diese Tenon'sche Fascie bis zur Conjunctiva sclerae und geht in deren Substanz an einer Stelle über, welche nach Gerlach an der Grenze des mittleren und hinteren Drittels der Entfernung der Umschlagsstelle der Conjunctiva vom Hornhautrande gelegen ist. Das lockere subconjunctivale Gewebe, welches Conjunctiva und Sclera verbindet, lockert sich nach hinten mehr und mehr auf, die Lücken desselben erweitern sich allmählig zum spaltförmigen Tenon'schen Raum. Die einander zugekehrten Flächen der Sclera und Tenon'schen Fascie sind glatt, zeigen sich ferner nach Behandlung mit Argentum nitricum mit einem zarten Endothel bekleidet. Bei den Contractionen der Augenmuskeln bewegt sich der Augapfel wie ein Gelenkkopf in der durch das Fettpolster der Orbita gestützten glatten Gelenkpfanne der Tenon'schen Kapsel. Dies schliesst indessen nicht aus, dass beide glatte Flächen mehrfach durch feine bindegewebige Bälkchen verbunden werden. — Am hinteren Pole des Augapfels ist die Abkapselung durch die Tenon'sche Fascie unvollständig; es hört dieselbe hier bereits in einiger Entfernung von der Eintrittsstelle des Sehnerven auf, sodass sich hier rings um den Sehnerven der Tenon'sche Raum in den oben bereits erwähnten, von den Ciliargefässen, Ciliarnerven und lockerem Bindegewebe durchzogenen supravaginalen Raum (Fig. 102 bei 12) öffnet. Bei Einstichs-Injectionen in den Perichorioidalraum erhält man sowohl den Tenon'schen als den mit ihm continuirlichen supravaginalen Raum gefüllt (vergl. oben S. 218). Umgekehrt gelingt es durch Injection in den Subduralraum der Schädelhöhle den supravaginalen, den Tenon'schen und den Perichorioidalraum durch die eingedrungene farbige Injectionsmasse zu markiren. — Durchschneidet man die Conjunctiva unweit des Cornealrandes im ganzen Umfange des Augapfels, so gelingt es leicht den Augapfel aus seiner Kapsel herauszulösen und die Conjunctiva bulbi im Zusammenhange mit der Tenon'schen Kapsel darzustellen. Man hat dabei nach und nach die Insertionssehnen der Augenmuskeln dicht am Augapfel zu durchschneiden und den Opticus zu durchtrennen. Es erscheint dann der hintere freie Rand der Tenon'schen Fascie als Begrenzung eines Kreises von etwa 12 mm Durchmesser, in welchem etwas excentrisch, nämlich medianwärts verschoben, der Querschnitt des Opticus wahrgenommen wird.

Die Sehnen der Augenmuskeln müssen nach dem eben Gesagten, um zur äusseren Fläche der Sclera zu gelangen, den Tenon'schen Raum durchsetzen (Fig. 102, 9). Dies geschieht der Art, dass die Fascien der Augenmuskeln, welche nach dem Bulbus zu immer ansehnlicher werden, in die Tenon'sche Fascie umbiegen. Man kann also davon reden, dass die Tenon'sche Fascie an diesen Stellen von den genannten Sehnen durchbohrt wird, der Art, dass erstere Fortsetzungen auf die Oberflächen der Augenmuskeln entsendet, welche zu deren Fascien werden (*Muskelscheiden, gâines musculaires* [Sappey], *fasciae musculares oculi* [Arnold]). Meist ist die dem Augapfel zugekehrte Seite dieser Muskelscheide mit der Sehne verwachsen, die entgegengesetzte durch einen feinen

Spaltraum von der Sehne getrennt, welcher Spaltraum vermuthlich mit dem Tenon'schen Raume communicirt. Zuweilen sind aber auch beide Flächen der Muskelsehne von den entsprechenden Theilen der Muskelscheide ablösbar. Die Kanten der Sehnen sind dagegen stets durch Bindegewebsausbreitungen mit den Kanten der Muskelscheide bei ihrem Uebergang in die Tenon'sche Fascie verwachsen und diese bindegewebigen Ausbreitungen setzen sich bis zur Sclera fort, den Ansatz der Sehnen an letzterer als Adminicula (Merkel) befestigend und sichernd.

Eine letzte fibröse Membran der Orbita ist das bereits oben erwähnte Periost der Orbita, die Periorbita (Fig. 102, 18). Dieselbe liegt überall der knöchernen Wand der Augenhöhle fest an, aber der Art, dass sie sich an den meisten Stellen leicht von ihr abziehen lässt. Am Eingang des Canalis opticus fliesst sie mit der Duralscheide des Sehnerven zusammen. Von ihrer inneren Oberfläche lösen sich meist feine bindegewebige Blätter ab, die sich in das Orbitalfett hineinsenken. Ein stärkeres entwickelt sich etwa in der Mitte der Augenhöhlen-Länge und gelangt zum hinteren Rande der oberen Thränendrüse, ein anderes stärkeres Blatt bildet eine fibröse Kapsel für den Musculus obliquus superior bis zu dessen im medialen Orbitalwinkel gelegenen Trochlea (s. unten). Unterhalb dieser Rolle überbrückt die Periorbita mit dem grösseren Theile ihrer Substanz die Fossa sacci lacrymalis; mit einer sehr dünnen Schicht bildet sie ferner eine zarte periostale Auskleidung der genannten Grube und des mit ihr continuirlichen Thränennasenganges. Beide Blätter schliessen den Thränensack (Fig. 103 A und B 1) ein, dessen Wandungen sich mehr oder weniger leicht vom Periost ablösen lassen. Derselbe liegt also bereits ausserhalb der

Fig. 103.

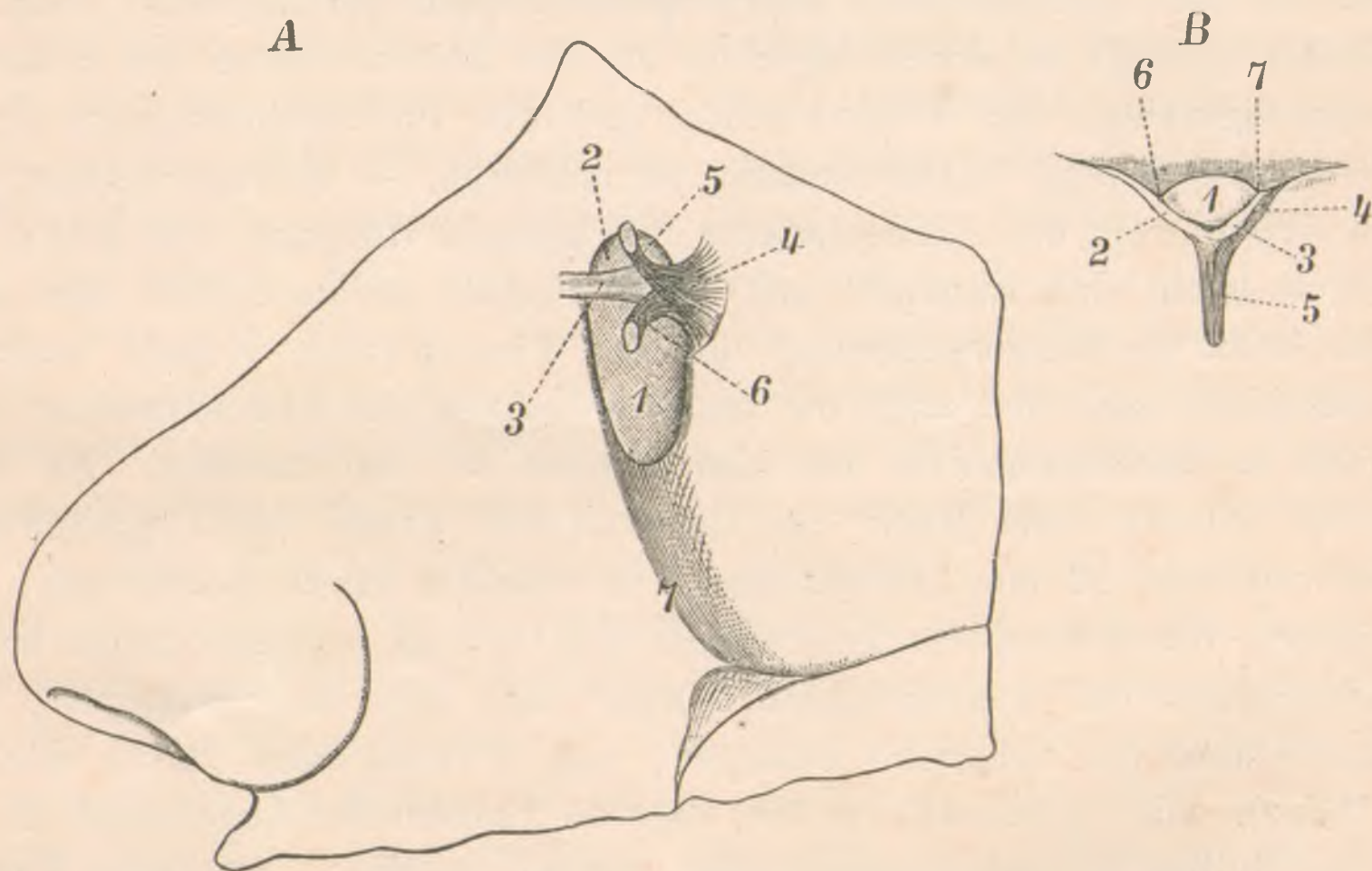


Fig. 103. Injicirter Thränensack, Ligamentum palpebrale mediale und Ursprung des Musc. lacrymalis posterior s. Horneri.

A. Seitliche Ansicht des Thränensacks. Die Augenhöhle ist von lateralwärts eröffnet und ihr Inhalt entfernt. 1, Thränensack, durch Injection ausgedehnt; 2, Fundus des Thränensacks; 3, vorderer Schenkel des Lig. palpebrale mediale; 4, Ursprung des M. lacrymalis posterior, hintere Schicht, sich spaltend in den Bestandtheil für das obere Lid (5) und für das untere Lid (6); letztere Bündel enthalten die Thränenkanälchen; 7, Margo infraorbitalis.

B. Durchschnitt durch den Thränensack in der Höhe des Ligamentum palpebrale mediale. 1, Thränensack; 2, vorderer, 3, hinterer Schenkel des Lig. palpebrale mediale; 4, M. lacrymalis posterior, 5, dessen Bündel zum oberen Lid; 6, Crista lacrymalis anterior; 7, Crista lacrymalis posterior.

Orbita. Das dickere der beiden Blätter der Periorbita, welches von der Crista lacrymalis posterior zur anterior sich herüberbrückt, wird etwa an der Grenze seines oberen und mittleren Drittels durch einen horizontalen fibrösen Streifen verstärkt, der eine direkte Fortsetzung des Lig. palpebrale mediale (Fig. 103 A, 3; Fig. 103 B, 2) ist. Letzteres entsteht in derselben Ebene als ein horizontaler derber Bindegewebsstreifen vom Processus frontalis des Oberkiefers und spaltet sich vor dem Thränensack angelangt in den oben erwähnten zur Crista lacrymalis posterior verlaufenden Bindegewebsstreifen (Fig. 103 B, 3) (hinterer oder Insertions-Schenkel [Henle, Merkel]) und in einen horizontal nach aussen ziehenden Faserzug (Fig. 103 B, 5), welcher am medialen Augenwinkel in die medialen Spitzen der beiden Tarsalplatten der Augenlider übergeht. Aus dem von der Crista lacrymalis anterior zur posterior ausgespannten Theile des Lig. palpebrale mediale, welcher im wesentlichen als Periostverdickung aufzufassen ist, entwickelt sich die Fascia palpebrae superioris, aus dem Periost längs der unteren Hälfte der Crista lacrymalis posterior die Fascia palpebrae inferioris. Im lateralen Augenwinkel treten dagegen beide Augenlidfascien unter einander und mit dem Lig. palpebrale laterale in Verbindung.

An einer Stelle, nämlich da, wo die Periorbita als sogenannte Membrana orbitalis die Fissura orbitalis inferior überbrückt, sind ihr glatte Muskelfasern in grosser Menge eingewebt und bilden den von H. Müller entdeckten Musc. orbitalis. Besonders reichlich finden sich die glatten Muskelfasern im mittleren Drittel der Membrana orbitalis, bilden hier eine über 1 mm dicke Schicht, in welcher nur spärliches Bindegewebe vorkommt (Harling). Die überwiegende Mehrzahl der Fasern verläuft parallel der Richtung der Fissur; nur wenige vertikale Bündel treten im dicksten Theile des Muskel-Stratum hinzu. Vom oberen Rande der Fissur breitet sich die Muskellage noch einige Millimeter weit im Periost der Superficies orbitalis alae magnae aus, während sie den unteren Rand der Fissur nicht erreicht (Harling). Innervirt wird der M. orbitalis vom Sympathicus; auf Reizung des Halstheiles dieses Nerven drängt der sich contrahirende mächtiger entwickelte Musc. orbitalis der Säugethiere den Augapfel vor (H. Müller).

Henle bezeichnet die Fascia palpebrarum (palp. superioris et inferioris) als *Septum orbitale*. Sie grenzt aber keineswegs, wie Henle angibt, das Fett der Orbita nach aussen gegen die Conjunctiva ab, sondern vielmehr letztere gegen den M. orbicularis oculi. Die Bezeichnung: *Septum orbitale* ist deshalb aufzugeben.

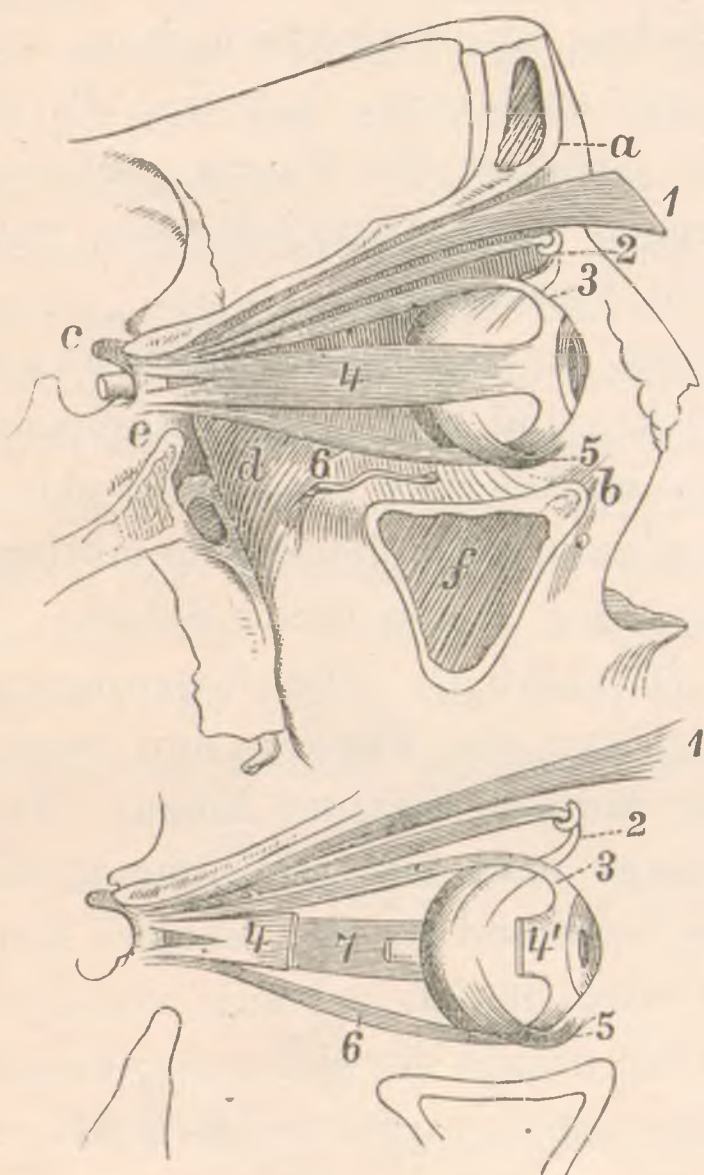
Sappey fasst die Tenon'sche Fascie, die Scheiden der Augenmuskeln und deren Fascienzipfel als „*Aponeurose orbitaire*“ zusammen und unterscheidet innerhalb dieser eine *Portion centrale* (Tenon'sche Fascie), *prolongements du 1. ordre* (Muskelscheiden) und *prolongements du 2. ordre* (*faisceaux tendineux*, Fascienzipfel). Ausserdem unterscheidet er die Fascia palpebrarum als *Ligaments larges*.

II. Muskeln der Orbita.

Innerhalb der Augenhöhle befinden sich sieben aus quergestreiften Fasern aufgebaute Muskeln, von denen sechs für die Bewegung des Augapfels bestimmt sind, einer zum oberen Augenlid verläuft. Von jenen sechs der Bewegung des Augapfels dienenden verlaufen vier von der Spitze der Orbital-Pyramide in der Umgebung der Opticus-Eintrittsstelle gerades Wegs nach vorn, um mit ihren sehnigen Enden den Bulbus vor dem Aequator desselben zu erreichen (Fig. 104 B).

Sie sind der Art um den Sehnerven und den Augapfel herum angeordnet, dass je einer an der oberen und unteren, an der lateralen und medialen Seite der genannten Theile verläuft. Diese vier Muskeln werden als gerade Augenmuskeln (*Musculi recti oculi*) bezeichnet. Die beiden letzten der für den Augapfel bestimmten Muskel-Individuen inseriren hinter dem Aequator bulbi und verlaufen entweder in ihrer ganzen Ausdehnung oder wenigstens mit ihrem sehnigen Endabschnitt schief von vorn medianwärts nach hinten lateralwärts, der eine an der oberen, der andere an der unteren Seite des Augapfels (Fig. 104, A u. B, 2 u. 5). Sie heissen schiefe Augenmuskeln (*Musculi obliqui oculi*). Der obere derselben (*M. obliquus oculi superior*) hat nur in seinem

Fig. 104.

Fig. 104. Muskeln der rechten Augenhöhle. $\frac{1}{2}$.

A

A. Die Augenhöhle durch Entfernung der lateralen Wand eröffnet.

B. Skizze der Muskeln nach Entfernung des *M. rectus oculi lateralis* und des Sehnerven.

a, Margo supraorbitalis; b, Margo infraorbitalis; c, Processus clinoides anterior; d, unterer Rand der Fissura orbitalis inferior; e, Keilbeinkörper; f, Oberkieferhöhle; 1, *M. levator palpebrae superioris*, beim Uebergang in das obere Augenlid durchschnitten; 2, Trochlea und Sehne des *M. obliquus oculi superior*; 3, Sehne des *M. rectus oculi superior*; 4, *M. rectus oculi lateralis*; 4', dessen Ansatzsehne; 5, *M. obliquus oculi inferior*; 6, *M. rectus oculi inferior*; 7, *M. rectus oculi medialis*.

schrägen Endabschnitt (Fig. 104 A u. B, 2) den erwähnten Verlauf. Sein Muskelbauch entspringt in der Nachbarschaft der *Mm. recti* am hinteren Ende der Augenhöhle, zieht dann längs der medialen Wand der letzteren nach vorn bis zu einer an der Spina oder Fovea trochlearis haftenden Sehnenrolle (Trochlea), durch welche nunmehr die Sehne des Muskels in die vorhin erwähnte Richtung von vorn medianwärts

B

nach hinten lateralwärts abgelenkt wird. Der untere schiefe Muskel (*M. obliquus oculi inferior*) (Fig. 104, A u. B, 5) dagegen entspringt vorn vom medialen Theile des Orbital-Bodens und inserirt, in derselben Richtung ziehend wie die abgelenkte Sehne des *M. obliquus superior*, am unteren lateralen Umfange des Augapfels hinter dem Aequator. — Von den sechs für den Augapfel selbst bestimmten Muskeln entspringen also fünf an der Spitze der Orbital-Pyramide, mit ihnen als sechster der für das obere Augenlid bestimmte *Musculus levator palpebrae superioris* (Fig. 104, A u. B, 1; Fig. 102, 6), der bei seinem Verlauf nach vorn den medialen Rand des *M. rectus superior* in seinem ganzen Verlaufe deckt. Der *M. levator palpebrae superioris*, die vier *M. recti* und der Muskelbauch des *M. obliquus superior* bilden, wie bereits (S. 220) erörtert wurde, den Augenmuskelkegel.

Es wurde oben ebenfalls schon erwähnt, dass die am Bulbus inserirenden Muskeln von der Tenon'schen Fascie aus Scheiden erhalten, die in der Nachbarschaft letzterer am stärksten sind, nach dem hinteren Ende der Orbita aber sich sehr verdünnen (Fig. 102). Mit diesen Scheiden stehen in der

Nachbarschaft der Tenon'schen Fascie stärkere bindegewebige Faserzüge im Zusammenhang, (Fascienzipfel), welche entweder sich zu bestimmten Stellen der Periorbita begeben und so eine Fixation des ganzen Muskelapparates an den Wandungen der Augenhöhle bewerkstelligen oder sich mit benachbarten frei bleibenden Theilen verbinden, mit welchen — wird die specielle Darstellung ergeben.

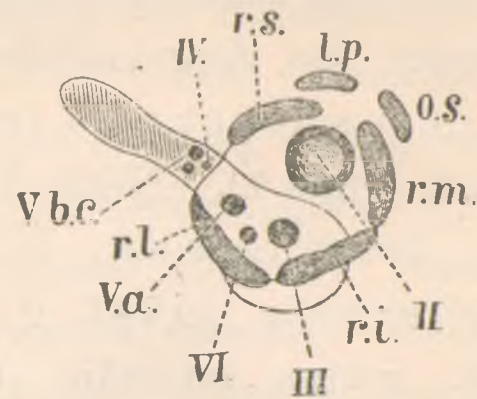
1) M. levator palpebrae superioris (Fig. 102, 6; Fig. 104, 1).

Er entspringt mit schmaler Sehne aus dem Periost der dorsalen Seite der vorderen Mündung des Canalis opticus, zum Theil im Zusammenhange mit der Ursprungssehne des M. rectus superior, aber ausserhalb des von den Ursprungssehnen der geraden Augenmuskeln gebildeten Ringes (Fig. 105, 1. p.). Am Dach der Orbita, dicht unterhalb der Periorbita, verläuft er sodann unter allmählicher Verbreiterung zu einer dreiseitigen Muskelplatte nach vorn zum Wurzel-

Fig. 105.

Fig. 105. Schema der Vertheilung der Ursprünge der Augenmuskeln im Hintergrunde der rechten Orbita von vorn gesehen.

Die Umrisse der Fissura orbitalis superior und der Oeffnung des Canalis opticus sind angedeutet; letztere umschliesst den Sehnerven II, erstere zerfällt in 3 Abschnitte, 1) einen oberen lateralen (schraffirt) mit der Durchtrittsstelle des N. trochlearis (IV), des N. lacrymalis und N. frontalis Rami ophthalmici (V, b. c) hart am äusseren Umfange des Augenmuskelkegels; 2) einen mittleren innerhalb des Augenmuskelkegels gelegen mit den eintretenden Nerven: N. nasociliaris Rami ophthalmici (V a), N. oculomotorius (III) und N. abducens (VI); 3) einen unteren wieder ausserhalb des Augenmuskelkegels gelegenen Abschnitt. l. p., M. levator palpebrae superioris; o. s., M. obliquus oculi superior; r. s., M. rectus oculi superior; r. m., M. rectus oculi medialis; r. i., M. rectus oculi inferior; r. l., M. rectus oculi lateralis.



gebiete des oberen Augenlides, auf dem Wege dahin den medialen Rand des M. rectus oculi superior mehr oder weniger weit deckend. Ein wenig hinter der Frontalebene des Margo supraorbitalis geht der platte Muskelbauch längs seines ganzen vorderen Randes, der die kürzeste Seite des dreiseitigen Muskels darstellt, in eine eigenthümliche gelblichweisse fibröse Platte über, welche in ihrer ganzen Ausdehnung mit ihren vorderen rein bindegewebigen Faserzügen vor der vorderen Fläche des Tarsus herabläuft (Fig. 102, 6a), mit einer zweiten vorzugsweise aus glatten Muskelfasern bestehenden Schicht den oberen Rand des Tarsus superior erreicht (Fig. 102, 6b), durch tiefere bindegewebige Züge (Fig. 102, 6c) sich mit dem Fascienzipfel des M. rectus superior verbindet, während ihre seitlichen Ausbreitungen überdies noch eine Befestigung an der lateralen und medialen Orbitalwand finden. Die vorzugsweise aus glatten Muskelfasern bestehende mittlere Schicht der Aponeurose wird als M. palpebralis superior ([H. Müller]; *Muscle orbito-palpébral* [Sappey]) unten bei der Beschreibung des oberen Augenlides ihre Besprechung finden. Die vor dem Tarsus abwärts ziehende vordere rein bindegewebige Lamelle der Aponeurose, trifft spitzwinklig auf die vom Orbitalrande herabziehende Fascia palpebralis superior (Fig. 102, 3) und legt sich dann der hinteren Fläche des M. orbicularis oculi an, mit ihren Endausstrahlungen zwischen die Bündel desselben sich einschiebend (vergl. unten unter: Augenlider). Die seitlichen Ausbreitungen der Aponeurose zur Orbitalwand stellen einen lateralen und medialen Fascienzipfel dar. Der laterale

inserirt unterhalb der oberen Thränendrüse etwas oberhalb der Naht zwischen Stirn- und Jochbein, an einer durch Rauigkeiten des Knochens ausgezeichneten Stelle. Der mediale Zipfel dagegen verhält sich complicirter, indem der stärkere Theil seiner Fasern vor der Trochlea zum Lig. palpebrale mediale herabsteigt, der schwächere hinter der Trochlea an ihrem unteren Rande seine Insertion findet (Merkel). Eine scharfe Trennung dieser Faserzüge von dem die Trochlea und die Sehne des M. obliquus superior umscheidenden Bindegewebe lässt sich indessen nicht vornehmen. Dem hinteren Theile des medialen Zipfels entspricht sehr häufig (nach Budge in $\frac{3}{4}$ der Fälle) ein schon früh vom M. levator palpebrae sich abgliederndes besonderes dünnes Muskelbündel, das von Budge als M. tensor trochleae beschrieben worden ist.

2) Mm. recti oculi.

Die vier geraden Augenmuskeln, deren allgemeine Anordnung schon oben beschrieben worden ist, werden nach ihrer Lage an der oberen oder unteren, lateralen oder medialen Fläche der von ihnen unvollständig umgrenzten Pyramide (oder des Augenmuskelkegels) als M. rectus superior und inferior, M. rectus lateralis (externus) und medialis (internus) bezeichnet (Fig. 104, 3, 6, 4 und 7). Nach Volkmann's Ermittlungen zeigen sie geringe Unterschiede in ihrem Gewicht, in ihrer Länge und in der Grösse ihres Querschnitts. Am schwersten (0,747 g) wurde der M. rectus medialis gefunden, sodann der M. rectus lateralis (0,715 g), der nach Bischoff's Angaben den ersteren an Gewicht übertrifft, übrigens auch von Volkmann mehrfach schwerer gefunden wurde, als der M. rectus medialis. Dann folgt der M. rectus inferior (0,671 g) und endlich mit geringstem Gewicht (0,514 g) der M. rectus superior. Aehnlich verhalten sich die Querschnitte der vier Muskeln. An Länge übertrifft dagegen der M. rectus superior mit 41,8 mm alle übrigen, deren Länge zwischen 40,0 und 40,8 mm schwankt.

Ursprung. Die vier geraden Augenmuskeln entspringen an der Spitze der Orbital-Pyramide vom Periost derselben mit kurzen Sehnen innerhalb eines die Mündung des Canalis opticus und einen Theil der Fissura orbitalis superior umziehenden Saumes (Ring der Augenmuskelsehnen), welcher somit eine kurz-elliptische Fläche begrenzt, deren lange Axe schief von oben medianwärts nach unten lateralwärts gerichtet ist (vgl. Fig. 105). Das Foramen opticum liegt im oberen medialen Ende dieser elliptischen Fläche, den hier entspringenden Muskeln der Art genähert, dass deren Sehnen mit der Vagina nervi optici verwachsen sind. Es sind dies der M. rectus superior und der obere Theil des M. rectus medialis, die also an der bezeichneten Stelle mit dem Periost der dorsalen Wand des Canalis opticus und mit der Duralscheide des Sehnerven zusammenhängen. Dieser Theil des Ringes der Augenmuskelsehnen erfährt überdies eine Verstärkung durch die Ursprungssehne des M. levator palpebrae superioris (l. p.), die oberhalb und etwas medianwärts von der des M. rectus superior entsteht (vgl. S. 227). Unten lateralwärts dagegen entfernt sich der Sehnenring beträchtlich vom Sehnerven. Er umschliesst hier die Knochenbrücke zwischen Canalis opticus und Fissura orbitalis superior und einen Theil der

letzteren selbst. Die Fissura orbitalis superior (Fig. 105) besteht bekanntlich aus einer schmalen lateralen Spalte und einer geräumigeren medialen Oeffnung. Die Grenze beider wird im Gebiet ihres unteren Randes durch einen von Merkel als Spina recti lateralis (Fig. 105, oberhalb r. l.) bezeichneten Knochenvorsprung der Ala magna des Keilbeins bezeichnet. Jener schmale laterale Abschnitt (in Fig. 105 schraffirt) ist nun vollständig durch Periorbita und Dura verschlossen. Der mediale dient zum Durchtritt der Orbitalnerven. Aber nur ein Theil dieses medialen Bezirkes liegt innerhalb des Augenmuskelringes. Es wird nämlich zunächst der unterste Abschnitt der Oeffnung durch eine fibröse Brücke (r. l. und r. i. verbindend) von dem oberen abgegrenzt. Von dieser fibrösen Brücke und in der Verlängerung derselben vom unteren Rande der Mündung des Canalis opticus entspringt kurzsehnig der M. rectus inferior (r. i. Fig. 105), an dessen Ursprungstreifen sich medianwärts und nach oben der M. rectus medialis (r. m.), lateralwärts der M. rectus lateralis (r. l.) so innig anschliessen, dass alle drei eine continuirliche Sehnenplatte bilden, das sog. Ligamentum Zinnii. Unterhalb des M. rectus medialis bleibt also, was ich gegenüber den bisherigen Darstellungen betone, ebenfalls ein Theil der Fissura orbitalis superior ausserhalb des Augenmuskelkegels, und findet nach hinten gegen die Schädelhöhle seinen Abschluss durch die Dura mater. Der noch nicht besprochene Abschnitt des erweiterten medialen Bezirkes der Fissura orbitalis superior wird nun abermals durch eine fibröse Brücke in zwei Gebiete zerlegt, ein kleines oberes (in Fig. 105, IV und V b. c. umfassend) und ein geräumigeres unteres. Diese Brücke ist nichts Anderes, als ein Theil der Sehne des M. rectus lateralis. Letzterer (r. l.) entspringt nämlich vom lateralen Rande des Ursprungs des M. rectus inferior an längs einer nahezu vertikal gestellten Linie, unten vom fibrösen Ursprungstreifen des M. rectus inferior, weiter oben von der Ala magna des Keilbeins bis zur Spina recti lateralis herauf, also in diesem Gebiet als eine continuirliche Platte. In der Gegend der Spina recti lateralis zweigen sich ein an seiner inneren Fläche entstehendes Sehnenbündel als ansehnlicher fibröser Streifen unter Ueberbrückung der Fissur zum Knochen-Isthmus zwischen letzterer und dem Canalis opticus ab. Dieser sehnige Streifen wird zu einem zweiten Kopf des M. rectus lateralis dadurch, dass er wenigstens in seiner lateralen Hälfte Muskelbündel entstehen lässt, die sich den übrigen continuirlich anschliessen. Unter diesem Sehnenbogen des M. rectus lateralis treten in das Innere des Augenmuskelkegels der N. nasociliaris (Va), der N. oculomotorius (III) und N. abducens (VI), sowie die V. ophthalmica, auch gelangt die mit dem N. opticus die Orbita betretende Art. ophthalmica in diesen Raum hinein; oberhalb des Sehnenbogens betreten die Orbita, somit von vorneherein ausserhalb des Augenmuskelkegels gelegen: der N. supraorbitalis (Vb), lacrymalis (Vc) und trochlearis (IV).

Verlauf. Von ihrem Ursprungspunkte aus verlaufen die geraden Augenmuskeln in der oben angegebenen Anordnung zunächst geradeswegs in geringer Entfernung von den entsprechenden Wandungen der Orbita (Fig. 102). In der Querschnittsebene des hinteren Augenpoles angelangt, also in etwa $\frac{2}{3}$ ihrer Länge wenden sie sich sodann in sanften Bogen zu ihren vor dem Aequator des Augapfels an der Oberfläche des letzteren gelegenen Insertionslinien. In etwa 4 bis 8 mm Entfernung von ihrer Insertion gehen ihre Muskelbäuche in die

Sehnen über. Am längsten ist die Sehne des M. rectus medialis (8,8 mm), am kürzesten die des M. rectus lateralis (3,7 mm), während die des M. rectus superior und inferior nahezu die gleiche Länge (5,8 bzw. 5,5 mm) besitzen (Merkel). Der M. rectus superior wird während seines Verlaufes zum Theil von oben her durch den Muskelbauch des M. levator palpebrae superioris gedeckt, jedoch nur sehr unvollständig, der Art, dass hinten zwei Drittel, von etwa die Hälfte der Breite des Muskels frei über den Rand des M. levator palpebrae lateralwärts hervorragen. Es wird also nur der mediale Rand des M. rectus superior vom M. levator palpebrae gedeckt. — Das Verhalten der Mm. recti zu den Mm. obliquis in der Nachbarschaft des Augapfels ist folgendes: Der M. obliquus inferior (Fig. 104) verläuft ausserhalb des M. rectus inferior, die Endsehne des M. obliquus superior dagegen schiebt sich zwischen Augapfel und M. rectus superior hinein.

Ansatz. Der Ansatz der vier geraden Augenmuskeln erfolgt sehnig vor dem Aequator des Augapfels an der Oberfläche der Sclera, der Art, dass sich die Sehnenfasern mit den Faserzügen letzterer verweben (vergl. oben S. 168). Die Entfernung der Insertionslinie vom Cornealrande ist aber für die einzelnen Sehnen nicht die gleiche. Am weitesten dringen gegen den Hornhautrand vor die Sehnen des M. rectus inferior und medialis, welche in 7,07 bzw. 6,91 mm (C. Krause) Entfernung vom Hornhautrande inseriren. Die Mm. rectus superior und lateralis verbinden sich dagegen mit der Sclera in grösserem Abstände von der Cornea; die betreffenden Entfernungen betragen 7,54 (nach Merkel 8,0) bzw. 7,85 (nach Merkel nur 6,8) mm. Die Vertheilung der Ansätze innerhalb des den Cornealrand umziehenden Insertionskreises ist ferner keine symmetrische. Schon die Verschiedenheit der Breite der Sehnen-Insertion bewirkt Unregelmässigkeiten der Vertheilung. Am breitesten ist die Sehne des M. rectus medialis (etwa 8 mm), dann die des M. rectus superior, während die der beiden übrigen Muskeln nur 6 mm Breite erreichen. Zu dieser Verschiedenheit in der Breite der Sehnen gesellt sich nun noch eine Verschiedenheit in den Abständen innerhalb des Insertionskreises. Am weitesten stehen von einander ab (etwa 12 mm) die Sehnen des M. rectus superior und medialis, am meisten genähert (7 mm) sind die des M. rectus superior und lateralis. Zerlegt man den Insertionskreis durch den vertikalen und horizontalen Durchmesser in vier Quadranten, so ergibt sich als auffallendste Thatsache, dass der Ansatz des M. rectus superior zu $\frac{2}{3}$ im lateralen oberen Quadranten liegt. Endlich ist die Gestalt der Insertionslinie der einzelnen Muskeln nicht die gleiche: die des M. rectus inferior ist nahezu geradlinig, die des M. rectus superior und lateralis nach vorn convex, die des M. rectus medialis im unteren Theile weiter entfernt vom Cornealrande, als im oberen (Merkel). — Das Verhalten der Sehnen und Fascien der Augenmuskeln zur Tenon'schen Fascie und ihre seitlichen Ausbreitungen bei ihrer Insertion am Bulbus haben bereits oben (S. 223) Besprechung gefunden.

Fascienzipfel (*prolongements du second ordre ou faisceaux tendineux* [Sappey]). Die bindegewebigen Scheiden der Augenmuskeln stehen nicht allein mit der Tenon'schen Fascie (s. oben S. 223), sondern auch mit den Wänden der Orbita, ferner mit der Gegend des Fornix conjunctivae, die des M. rectus superior und inferior überdies noch mit einem Bestandtheile der Augenlider im Zusammenhange durch Stränge oder Ausbreitungen derben Bindegewebes, die den Namen

Fascienzipfel erhalten haben. An der Wand der Orbita finden sich zwei Hauptinsertionsstellen der Fascienzipfel, eine laterale und mediale. Die laterale Insertion entspricht der oben bei der Beschreibung des M. levator palpebrae superioris angegebenen Stelle, also der Gegend der Sutura zygomatico-frontalis. Es vereinigt sich hier die laterale Insertion des M. levator palpebrae superioris mit einem lateralen Fascienzipfel des M. rectus superior und einem von der äusseren Fläche der Scheide des M. rectus lateralis entspringenden mächtigen fibrösen Strange (Fascienzipfel des M. rectus lateralis) und bewirken indirekt eine starke Verbindung des innerhalb der Tenon'schen Fascie drehbaren Augapfels mit der lateralen Orbitalwand. Horizontalschnitte zeigen diese laterale Insertion nach vorn in Verbindung mit dem Ligamentum palpebrale laterale (Gerlach) das seinerseits wiederum mit dem lateralen Ende der

Fig. 106.

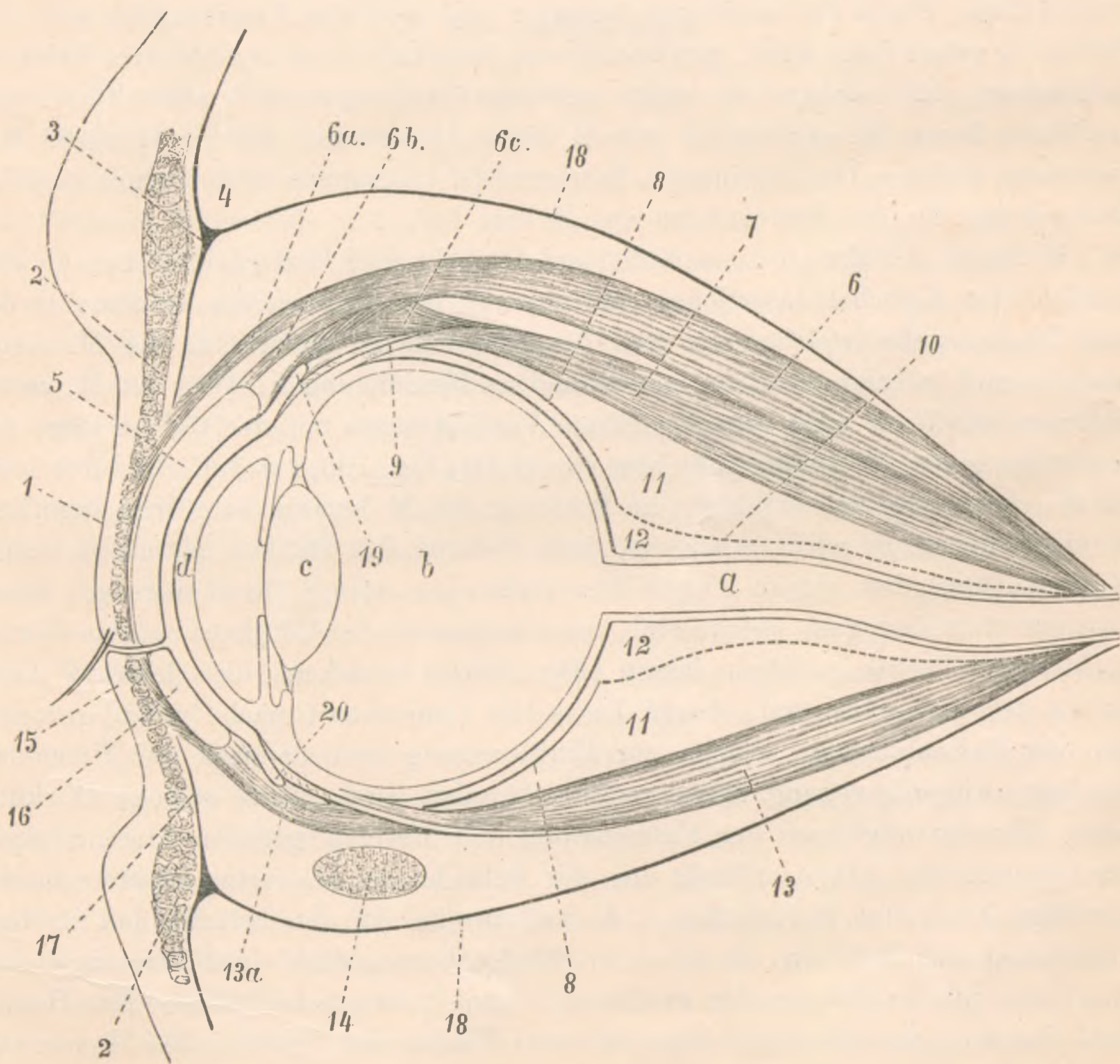


Fig. 106. Vertikaler Durchschnitt durch den Augapfel und die Orbita in der Richtung der Orbitalaxe, bei geschlossener Lidspalte. $\frac{2}{1}$.

1, Haut des oberen Augenlides; 2, 2, Musculus orbicularis palpebrarum; 3, Fascia palpebralis superior; 4, Rand des Stirnbeins; 5, Tarsus superior, schematisch abgegrenzt; 6, Musculus levator palpebrae superioris; 6a, dessen Hauptsehne, welche sich zwischen Tarsus und M. orbicularis ausbreitet; 6b, der glatte M. palpebralis superior; 6c, vereinigt zur Conjunctiva ziehender Fascienzipfel des M. levator palpebrae und M. rectus superior; 7, M. rectus superior; 8, 8, Tenon'sche Fascie; 9, Sehne des M. rectus superior, durch den Tenon'schen Raum ziehend; 10, Abgrenzung des inneren Orbitalfettes 11, gegen den supravaginalen Raum 12; 13, M. rectus oculi inferior; 13a, sein Fascienzipfel zum unteren Augenlid; 14, Querschnitt des M. obliquus inferior; 15, Haut des unteren Augenlids; 16, Tarsus inferior, schematisch abgegrenzt; 17, Fascia palpebralis inferior; 18, 18, Periorbita; 19, 20, Fornix conjunctivae; a, Sehnerv; b, Glaskörper; c, Linse; d, Hornhaut.

Fascia palpebralis superior und inferior verwachsen ist. Ausserdem erreichen die medialen Faserzüge des von der Aussenfläche des *M. rectus lateralis* entspringenden Fascienzipfels die Umschlagsstelle der *Conjunctiva*. Gegenüber an der medialen Orbitalwand, etwa in derselben Horizontalebene findet sich eine zweite Fixationsstelle vereinigter Fascienzipfel. Diese Stelle befindet sich unterhalb der *Trochlea*, von der Stirn-Thränenbein-Naht hinter der *Crista lacrymalis posterior* etwas herabsteigend. Es findet hier seine Insertion der von der medialen Fläche seine Muskelscheide entspringende Fascienzipfel des *M. rectus medialis*, zu dem sich von oben her Faserzüge aus dem medialen Zipfel des *M. levator palpebrae superioris* und des *M. rectus superior*, von unten her Faserzüge aus der Scheide des *M. rectus inferior* begeben. Auf dem Horizontalschnitt zeigt dieser vereinigte Fascienzipfel eine dreiseitige Gestalt; die nach vorn gekehrte Seite tritt mit dem medialen Ursprungsgebiete der *Fascia palpebralis superior* in Verbindung; die lateralen Bündel erreichen wiederum die Umschlagsstelle der *Conjunctiva*. Durch die vereinigten lateralen und medialen Fascienzipfel wird der *Bulbus* in seiner Lage fixirt, gewissermassen innerhalb eines horizontalen Rahmens aufgehängt, in welchem er noch ergiebige Drehungen nach allen Richtungen ausführen kann, die schliesslich jedoch durch Anspannung der Fascienzipfel ihre Hemmung finden. Die vereinigten Fascienzipfel-Insertionen stellen somit zugleich Hemmungen für die Bewegungen des *Bulbus* her.

Während die *Mm. recti medialis* und *lateralis* ihre Fascienzipfel nur zu den bezeichneten Knochen-Insertionen und zum *Fornix conjunctivae* senden, hat das feste Bindegewebe, welches sich von der Aussenfläche der Scheide des *M. rectus superior* und *inferior* entwickelt, noch andere Bestimmungen. Was den *M. rectus superior* betrifft, so geht er ausgedehnte Verbindungen mit der tiefsten Lage der Ausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* (Fig. 106, 6c) ein. Dadurch wird der *M. rectus superior* befähigt, die Wirkung des *M. levator palpebrae superioris* zu unterstützen; es wird ferner eine jede Hebung des Blickes mit einem Heben (Zurückziehen) des oberen Augenlides verbunden sein. Die Faserzüge dieses Fascienzipfels dagegen, welche sich zur Aussenseite der *Conjunctiva* vom *Fornix* an bis zum *Tarsus* verfolgen lassen (Fig. 106), bewirken, dass jedesmal beim Heben des Augapfels und oberen Lides die *Conjunctiva* nach hinten gezogen, also vor Faltenbildung, welche zur Einklemmung und dadurch zur Hemmung der betr. Augenbewegung führen würde, bewahrt wird. Eine analoge Wirkung haben die Abzweigungen der Fascienzipfel der übrigen geraden Augenmuskeln zur *Conjunctiva*. Dass endlich aus der Scheide des *M. rectus superior* bindegewebige Faserzüge lateralwärts und medianwärts zu den betreffenden Orbital-Insertionen sich begeben, ist schon erwähnt, ebenso, dass ein Fascienzipfel des *M. rectus inferior* sich an der medialen Orbital-Insertion betheiligt. Der Haupttheil des von der äusseren (also unteren) Fläche der Scheide des *M. rectus inferior* entspringenden Bindegewebes begiebt sich zum unteren Augenlid und verhält sich hier (Fig. 106, 13a) in ganz analoger Weise, wie im oberen Lide der glatte *M. palpebralis superior* und der Fascienzipfel des *M. rectus superior* zusammengenommen. Ein Theil der bindegewebigen Faserzüge erstreckt sich überdies vor dem *Tarsus* zur hinteren Fläche des *M. orbicularis oculi*. Der Theil der beschriebenen Ausbreitung, welcher zum *Tarsus* zieht, entspricht dem glatten *M. palpebralis inferior* von H. Müller. Durch die geschilderte Ein-

richtung gewinnt somit der M. rectus inferior mittelbar einen Einfluss auf den Tarsus inferior und das untere Augenlid überhaupt. Jede Senkung des Blickes ist deshalb von einer Senkung (Zurückziehen) des unteren Lides begleitet. Da überdies der Fascienzipfel des M. rectus inferior auch eine Verbindung mit der Conjunctiva des Fornix und des Basaltheiles des Lides eingeht, so wird auch hier die Conjunctiva bei Senkung des Blickes vor Einklemmung bewahrt. Der Unterschied zwischen oberem und unterem Lid in Betreff ihrer Muskulatur ist bei dieser Sachlage nur der, dass im oberen Lid zwei Muskeln sich zu einer Wirkung vereinigen, während das untere Lid nur unter der Wirkung eines Muskels steht. Der Unterschied wird aber noch geringer, wenn man bedenkt, dass (s. oben) der M. rectus inferior an Stärke bedeutend den M. rectus superior übertrifft, somit letzterer erst seine quantitative Ergänzung in dem M. levator palpebrae findet.

3) Mm. obliqui oculi.

a) Der M. obliquus superior (s. major s. longus; M. trochlearis s. patheticus) (Fig. 104, 2) entspringt mit kurzer Sehne etwa 2 mm medianwärts und nach vorn von der Augenhöhlenöffnung des Canalis opticus, zwischen dieser und dem Foramen ethmoidale posterius, also ausserhalb des Ursprungsringes der Mm. recti (Fig. 105, o s). Der dünne rundliche Muskelbauch verläuft oberhalb des M. rectus medialis und zunächst mit ihm parallel innerhalb des Winkels, welchen das Dach der Orbita mit deren medialer Wand bildet, geradeswegs nach vorn. Er liegt also der medialen Wand der Orbita mit seiner medialen Fläche dicht an, während sich seine obere Kante ebenfalls dicht unter dem medialen Abschnitt der Periorbita des Augenhöhlen-Daches befindet. Vorn an der Fossa trochlearis der Orbitalwand angelangt wird der Muskel sehnig; die rundliche Sehne aber wird alsbald von der bisherigen Richtung des Muskels abgelenkt durch eine complicirte Einrichtung, die als Rolle (Trochlea) bezeichnet wird. Mit der Fossa trochlearis ist nämlich ein eigenthümlicher hyaliner Knorpel durch Faserzüge, welche dem benachbarten Periost entstammen, in Verbindung gesetzt. Dieser Knorpel stellt eine Halbrinne dar, die der Art gebogen ist, dass ihre Convexität sich nach vorn und medianwärts kehrt, ihr hinterer sagittal gestellter Abschnitt die Rinne medianwärts, der vordere frontal gestellte Abschnitt dagegen nach vorn geöffnet zeigt. Ein Frontalschnitt wird also im Gebiet des hinteren Abschnittes einen medianwärts offenen Knorpel-Halbmond zeigen, während an Sagittalschnitten der längere frontal gestellte vordere Abschnitt als ein nach vorn geöffneter Halbmond erscheint. Die Breite der Knorpelrinne (vertikaler Durchmesser) beträgt $4\frac{1}{2}$ mm, während in frontaler Richtung bis 6 mm gemessen werden. Von den Rändern der Knorpelrinne entwickeln sich bindegewebige Faserzüge, welche medianwärts zum Periost der Fossa trochlearis ziehen und dadurch die Rinne zur Röhre schliessen. Häufig ossificirt ein hinterer oberer Bestandtheil dieser Retinacula cartilaginis trochleae vom Stirnbein aus und bildet dann eine Spina trochlearis. In die eben beschriebene Röhre tritt nun von hinten her die Sehne des M. obliquus superior und macht innerhalb derselben dieselbe Knickung durch, wie der Trochlearknorpel selbst, wird also zunächst lateralwärts abgelenkt und in dieser Lage durch die fixirte ge-

krümmte Knorpelrinne erhalten. Jenseits letzterer wendet sich die Sehne endlich nach hinten und lateralwärts und gelangt unter Abplattung und Verbreiterung zwischen dem Augapfel und der Innenfläche des *M. rectus superior* unter Durchbohrung der Tenon'schen Fascie zu einer Stelle der Oberfläche der Sclera, welche auf der oberen Seite derselben hinter dem Aequator bulbi gelegen und nach C. Krause 17,9 mm vom Cornealrande entfernt ist. Die Länge der Sehne des *M. obliquus superior* von der Trochlea bis zum Augapfel beträgt 19,5 mm (Merkel); die Insertionslinie am Bulbus ist schief gestellt, der Art, dass sie von vorn lateralwärts, nach hinten medianwärts gerichtet ist; der Mittelpunkt der Insertionslinie entspricht etwa dem vertikalen Meridian des Augapfels. — Vom Trochlearknorpel an wird die Sehne von einer starken bindegewebigen Scheide umhüllt, die eine Fortsetzung der halb knorpeligen, halb fibrösen Trochlea darstellt und besonders stark an der hinteren medialen Seite der Sehne ist. Diese Scheide verbindet sich sowohl mit der Fascie des *M. rectus superior* nahe an dessen Durchbohrung der Tenon'schen Fascie, als nach hinten davon in ausgedehnter Weise mit der Tenon'schen Fascie selbst. Von einer eigentlichen Synovialmembran wird weder die Trochlea noch ihre Fortsetzung zum Bulbus ausgekleidet. Vielmehr findet sich ein leicht verschiebbares Bindegewebe zwischen Sehne und Röhre, welches sich nach hinten von der Trochlea unter allmählicher Abnahme auf den Muskelbauch fortsetzt und in die Fascie desselben übergeht, welche ihrerseits (s. oben S. 224) mit der Periorbita zusammenhängt.

b) Der *M. obliquus inferior* (Fig. 104, 5) entspringt mit kurzer Sehne vorn am Boden der Orbita von der Orbitalplatte des Oberkiefers dicht lateralwärts vom unteren Ende der Crista lacrymalis des Thränenbeins. Seine Sehne entwickelt sich zum Theil sogar aus dem Periost, welches von der Crista lacrymalis posterior zur anterior sich herüberbrückend den Thränensack deckt. Der ansehnliche Muskelbauch wendet sich zwischen dem *M. rectus inferior* und dem Boden der Orbita in sanftem Bogen lateral- und aufwärts und gelangt so zum lateralen Umfang des Augapfels, an welchem sich seine platte Sehne in einer etwa 9 mm langen Insertionslinie mit der Sclera verbindet. Die Insertionslinie gehört der hinteren Hälfte des Augapfels an, liegt zwischen der Insertion des *M. rectus lateralis* und der Eintrittsstelle des *N. opticus*, mit ihrem oberen hinteren Ende der letzteren auf 5 bis 6 mm genähert, also, da diese medianwärts vom hinteren Pole des Augapfels liegt, in nur 2 mm Entfernung vom hinteren Pole und im horizontalen Meridian des Augapfels. Von diesem höchst gelegenen Punkte steigt die Ansatzlinie nach vorn ein wenig herab. Die Insertionslinie des *M. obliquus superior* findet sich etwa parallel der des *M. obliquus inferior* in dem Abstand eines Viertelkreisbogens auf der oberen Seite des Augapfels, dehnt sich aber nicht so weit nach dem hinteren Augenpole aus.

Varietäten: Ein *M. gracillimus* wird von Albin beschrieben als ein Muskelbündel, das in der Nähe des *M. obliquus superior* entspringt, neben ihm verläuft und in seine „Synovialscheide“ übergeht. Auch Bochdalek fand einen solchen *M. gracillimus* einmal beiderseitig, aber in partieller Verbindung mit einem anderen anomalen Muskel, *M. anomalus transversus*, der in der Gegend des Aequator bulbi quer von der medialen zur lateralen Orbitalwand verlief. Moseley sah ein Muskelbündel in der Gegend der Naht zwischen Jochbein und Ala magna an der lateralen Wand der Orbita entspringen und im Bindegewebe des lateralen Augenwinkels enden. Schlemm beobachtete ein conjugirendes Bündel vom unteren Rande des *M. rectus lateralis* zum lateralen Rande des *M. rectus inferior*. Curnow sah vom

M. rectus lateralis zwei Fascikel zur lateralen Wand der Orbita und zum unteren Augenlid-Tarsus abgehen. -- Spuren eines M. retractor bulbi, der bei den Säugethieren als ein innerhalb des Augenmuskelkegels gelegener Muskelkegel den Sehnerven umgiebt und sich an der hinteren Hälfte der Sclera ansetzt, sind beim Menschen nicht beobachtet.

Fascienzipfel: Die oben gegebene auf eigene Untersuchungen gestützte Beschreibung der Fascienzipfel weicht in einigen Punkten von den Beschreibungen Sappey's und Merkel's ab, von der des ersteren darin, dass ich abgesehen von der indirekten durch die Trochlea gegebenen Fixation nur noch eine unterhalb letzterer gelegene mediale und eine laterale Anheftung an der Orbitalwand finde. Mit Merkel spreche ich somit dem M. obliquus inferior einen Fascienzipfel zur Orbitalwand ab, während Sappey einen solchen vom lateralen Rande entstehen und längs des Bodens der Orbita mit dem M. orbitalis in Verbindung treten lässt. Sappey lässt überdies den lateralen und medialen Fascienzipfel mit glatten Muskelfasern ausgestattet sein, die er als Musculus orbitalis internus und externus bezeichnet. Gerlach vermochte sich jedoch nicht von der Existenz derselben zu überzeugen. — Von der Beschreibung Merkel's weiche ich im Wesentlichen durch den wichtigen Zusatz ab, dass sowohl der M. rectus superior wie inferior Bündel ihrer Scheide zur Conjunctiva und dem betreffenden Augenlid sendet. Dadurch gewinnen die genannten Muskeln Einfluss auf die Bewegungen der Augenlider und bewirken zugleich ein Einziehen der Conjunctivalfalte. Letztere Bedeutung hatte bereits Henle hervorgehoben, der aber nur von einer Verbindung dieser sehnigen Züge mit seinem Septum orbitale spricht. Eine Einwirkung auf die Bewegungen des Lides ist aus Henle's Beschreibung nicht ersichtlich, wohl aber von Sappey wenigstens für den M. rectus inferior angedeutet. Merkel erwähnt davon nichts. Auch Merkel's Beschreibung des M. rectus lateralis entspricht der meinigen nicht. Nach ihm entspringt (S. 52) der stärkere Kopf des M. rectus lateralis vom unteren lateralen Rande des Foramen n. oculomotorii, S. 53 in der Erklärung der Fig. 26 dagegen aus der Scheide des N. opticus; der zweite kleinere Kopf entsteht nach Merkel von der Spina recti lateralis. Ich finde dagegen Merkel's beide Köpfe continuirlich, nicht getrennt, und ausserdem einen zweiten längst bekannten Kopf aus der Umgebung des Canalis opticus als sehnige Brücke zur Innenseite des ersteren herübergespannt, schliesse mich also den älteren Angaben, besonders Arnold's Beschreibung an.

Wirkungen der Augenmuskeln. Die Bewegungen des Augapfels selbst können hier, weil sie in physiologischen Lehrbüchern auf das Genaueste erörtert werden, unbesprochen bleiben. Dagegen habe ich unsere Anschauungen in Betreff der Bewegungen der Lider etwas zu modificiren. Dem Schliessmuskel der Lidspalte, dem M. orbicularis orbitae steht nach der gewöhnlichen Auffassung nur ein Antagonist für das obere Lid, der M. levator palpebrae superioris gegenüber. Das einfache Oeffnen der Lidspalte ohne Hebung der Blickebene besorgt nun in der That der M. levator palpebrae superioris, wobei durch die laterale Verbindung des oberen und unteren Lides letzteres mit seinem lateralen Rande etwas in die Höhe gezogen wird. Beim Heben der Blickebene wird die Lidspalte noch weiter, indem nun die Verbindung des M. rectus superior mit dem oberen Lide zur Geltung kommt. Das Senken des unteren Augenlides liess man durch eigene Schwere desselben zu Stande kommen. Es senkt sich aber stets nur beim Abwärtsblicken, also bei Thätigkeit des M. rectus inferior, dessen Fascienzipfel zum unteren Lid leicht und ungezwungen das gleichzeitige Senken des unteren Lides erklärt. Dass beim Heben des oberen, beim Senken des unteren Lides das betreffende Augenlid zugleich eingezogen wird, erklärt sich nunmehr leicht aus dem Zusammenhange der betr. Fascienzipfel mit der Conjunctiva. Nach Allem werden die gekünstelten Erklärungen, welche Gowers den geschilderten Augenlidbewegungen zu Theil werden lässt, in welchen Druck der Cornea bzw. Sclera auf die Lider, eine grosse Rolle spielen, entbehrlich; der von Gowers vermisste *muscular mechanism* ist eben vorhanden.

III. Augenlider und Conjunctiva.

A) Allgemeine Anordnung; Verhalten der Augenlidspalte.

Die beiden Augenlider, das breitere obere Augenlid (Palpebra superior) und das schmalere untere (Palpebra inferior) entstehen als Falten der den Augapfel umgebenden Haut gegen Ende des zweiten embryonalen Monats, wachsen einander entgegen, bis gegen Ende des dritten Monats ihre Ränder in Berührung treten und mit ihren epithelialen Oberflächen innig verkleben. Erst kurz vor der Geburt löst sich die Verbindung der Lidränder wieder, die Lidspalte wird eröffnet. Es findet sich also beim Menschen vorüber-

gehend durch die verwachsenen Lidränder ein Raum abgekapselt, dessen Auskleidung einen ursprünglichen Bestandtheil der äusseren Haut repräsentirt. Man nennt diesen abgeschlossenen Hautbezirk, der den Charakter einer Schleimhaut annimmt, *Conjunctiva*, Bindehaut, den abgeschlossenen von ihr ausgekleideten Raum *Saccus conjunctivae*, *Conjunctivalsack*. An ersterer unterscheidet man wieder die die vordere Fläche des Augapfels bekleidende *Conjunctiva bulbi* von der die hintere Fläche der Augenlider überziehenden *Conjunctiva palpebrarum* (vergl. Fig. 106 und 101). Beide gehen rings herum im *Fornix conjunctivae* (Fig. 106, 19 u. 20) in einander über. Nach wieder eröffneter Lidspalte setzt sich am Lidrande die *Conjunctiva palpebrarum* continuirlich in die äussere Haut fort; von einem geschlossenen *Conjunctivalsack* kann man dann selbstverständlich nur bei geschlossener Lidspalte reden. Innerhalb des *Conjunctivalsackes* findet sich im Gebiet des medialen Augenkinkels noch die Andeutung eines dritten Augenlides in Gestalt einer vertikal gestellten lateralwärts concaven Falte, der *Plica semilunaris* (Fig. 107, 8), welche bei vielen Thieren als bewegliches drittes Augenlid sich stark ausgebildet zeigt. Das obere und untere Augenlid lassen deutlich zwei in ihrer Consistenz verschiedene Abschnitte erkennen. Der dem Lidrand benachbarte wird durch eine feste faserige Platte, den *Tarsus* (den sogenannten Augenlidknorpel) (Fig. 106, 5 u. 16), gestützt, die dem *Conjunctivaltheile* des Lides angehört und die innere Oberfläche desselben glatt und frei von Falten erhält, überdies in ihrer Krümmung der Augapfel-Krümmung entspricht, so dass dadurch ein Anschmiegen dieses Lidabschnittes an die Oberfläche des Augapfels bewirkt wird. Dieser *Tarsaltheil* des Lides ist entsprechend der grösseren Höhe des oberen Lides auch in letzterem höher, als im unteren. Der dem Orbitalrande nähere *Basaltheil* des Lides oder *Orbitaltheil* (Henle) ist dagegen ohne eine solche feste Stütze und bildet deshalb beim Oeffnen der Lidspalte eine dem Lidrande parallele Falte oder einen Wulst, der sich beim Schliessen der Lidspalte ausgleicht

Fig. 107.

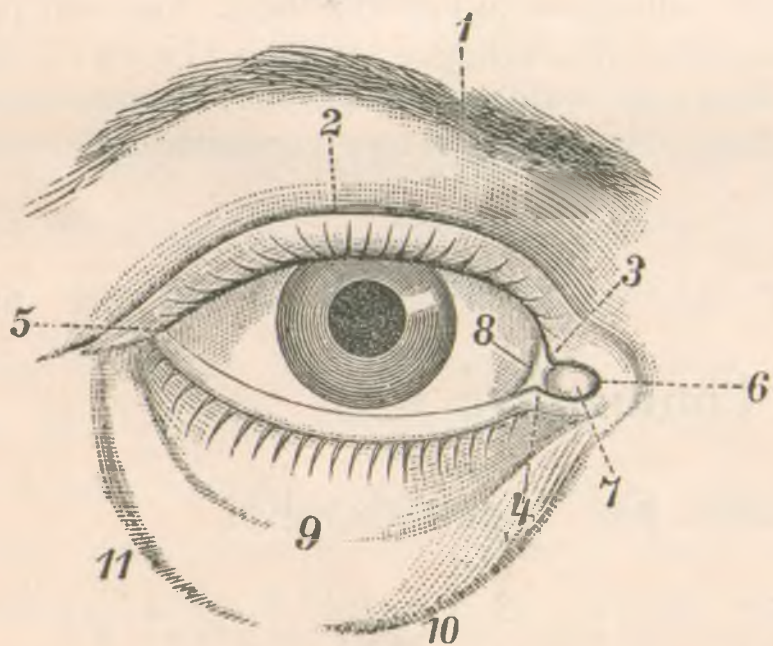


Fig. 107. Rechtes Auge mit geöffneter Lidspalte und nächster Umgebung.

1, Supercilium, Augenbraue; 2, Sulcus orbito-palpebralis superior; 3, Papilla lacrymalis superior; 4, Papilla lacrymalis inferior; 5, Canthus lateralis (externus); 6, Canthus medialis (internus); 7, Caruncula lacrymalis; 8, Plica semilunaris; 9, Sulcus orbito-palpebralis inferior; 10, 11, Sulcus palpebro-malaris (Wangenlidfurche); 11, deren aufsteigender Theil.

Gegen die Stirn ist das obere Lid durch die Augenbraue, (*Supercilium*) (Fig. 107, 1) abgegrenzt, einen bogenförmigen dem Supraorbitalrande un-

gefähr in seinem Verlaufe entsprechenden fetthaltigen Hautwulst, der dicht mit steifen lateralwärts gerichteten Haaren besetzt ist. Unterhalb der Augenbraue zeigt sich bei geöffneter Lidspalte eine tiefe quere bogenförmige Furche, der *Sulcus orbito-palpebralis superior* (Fig. 107, 2), welcher durch Einziehung des *Tarsaltheils* des oberen Augenlides beim Oeffnen der Lidspalte

zu Stande kommt, beim Schliessen derselben sich ausgleicht. Zwischen Furche und Augenbraue bildet der Orbitaltheil des Lides mehr oder weniger deutlich einen queren Wulst. Eine entsprechende Furche, *Sulcus orbito-palpebralis inferior* (Fig. 107, 9), kommt am unteren Augenlid beim gewöhnlichen Oeffnen der Lidspalte oft nicht zu Stande, da bei dieser Bewegung das untere Augenlid nicht nur nicht herabsinkt, sondern sogar mit seinem lateralen Ende etwas heraufsteigt. Wohl aber bildet sich diese Furche beim Senken des Blickes aus, weil hier durch Wirkung des *M. rectus inferior* (s. oben S. 235) das untere Lid gesenkt, sein Tarsaltheil eingezogen wird. Unter dieser Bedingung kann dann der Orbitaltheil des unteren Augenlides ebenfalls einen dem Orbitalrande parallelen Wulst bilden. Mit dem eben beschriebenen *Sulcus orbito-palpebralis inferior* darf aber nicht verwechselt werden die eigentliche Abgrenzung der Gegend des unteren Augenlids gegen die Wange, die Wangenlidfurche (Arlt), *Sulcus palpebro-malaris* (Fig. 107, 10 u. 11). Dieselbe beginnt in der Gegend des medialen Augenwinkels und steigt schräg lateralwärts herab, gewöhnlich unterhalb des Infraorbitalrandes gegenüber der Mitte des Augenlides in der Wangenhaut verstreichend. Bei manchen, besonders bei alten Individuen, wird sie durch eine aus dieser Gegend entspringende zum lateralen Augenwinkel schräg aufsteigende Furche ergänzt (aufsteigender Theil der Wangenlidfurche [Arlt]) (Fig. 107, 11), die mit ersterer auch continuirlich werden kann.

Die Gestalt der geöffneten Lidspalte wird gewöhnlich als mandelförmig bezeichnet. Die freien Ränder des oberen und unteren Augenlides treffen lateralwärts in einen spitzen Winkel (lateraler Augenwinkel, *Angulus s. Canthus oculi lateralis [externus] s. temporalis s. minor*) (Fig. 107, 5) zusammen, während medianwärts die Vereinigung beider Lider zur sog. medialen Augenlidcommissur in einer abgerundeten Ausbuchtung (medialer Augenwinkel *Angulus s. Canthus oculi medialis [internus] s. nasalis s. major*) (Fig. 107, 6) statt findet. Diese Ausbuchtung kommt dadurch zu Stande, dass die freien Lidränder in etwa 5 mm Entfernung vom medialen Augenwinkel aus ihrer bisherigen Richtung unter einem stumpfen Winkel medianwärts abbiegen, eine Strecke parallel verlaufen, um dann im medialen Augenwinkel selbst bogenförmig in einander überzugehen. Die Ablenkung ist beträchtlicher für das untere Augenlid, als für das obere. Der Raum, welcher von den abgebogenen Enden der beiden Augenlider begrenzt wird, heisst Thränensee (*Lacus lacrymalis*). In ihm erhebt sich ein flacher Hügel von röthlicher Farbe, die *Caruncula lacrymalis* (Thränenwärtchen) (Fig. 107, 7), deren Niveau sich lateralwärts herabsenkt zur Wurzel der *Plica semilunaris*, dem Rudiment eines dritten Augenlides (Fig. 107, 8). Da wo die Ränder der Augenlider medianwärts unter stumpfem Winkel in die Begrenzung des medialen Augenwinkels abbiegen, findet sich eine kleine kegelförmige Erhebung, die Thränenpapille (*Papilla lacrymalis s. Tuberculum lacrymale*) (Fig. 107, 3 und 4), auf deren Spitze die feine Mündung eines Kanälchens, des Thränenkanälchens, bemerkt wird: der Thränenpunkt (*Punctum lacrymale*) (in Fig. 107 nicht dargestellt). Entsprechend der schärferen Abknickung des unteren Augenlidrandes ist auch die untere Thränenpapille deutlicher ausgebildet, stärker hervorragend. Durch die *Papilla lacrymalis* wird der freie Rand jedes Augenlids in zwei sehr ungleiche Abschnitte getheilt, einen kurzen medialen, der den Thränensee begrenzt und den medialen Augen-

winkel bildet, und einen langen lateralen, der bei geöffneter Lidspalte am oberen Lid nach oben, am unteren Lid nach unten convex ist. Dieser lange laterale Abschnitt ist überdies durch den Besitz kurzer, relativ dicker steifer Haare, der Augenwimpern (Cilia) ausgezeichnet (Fig. 107), während dem die Thränenbucht umgrenzenden Theile die Cilien fehlen; es finden sich hier nur ähnliche feine Härchen, wie sie auch an der vorderen Fläche der Augenlider vorkommen. Die Länge der Augenlidspalte, vom lateralen zum medialen Augenwinkel ist individuell sehr verschieden, beträgt beim Manne durchschnittlich etwa 30 mm, wovon 5—7 mm auf die Länge der medialen Augenbucht kommen. Die Richtung der Lidspalte ist nicht genau horizontal, vielmehr steht bei geöffneter Lidspalte der laterale Winkel um 4 bis 6 mm höher, als der mediale. Es kommt dieser Tiefstand des medialen Augenwinkels hauptsächlich auf Rechnung der veränderten Richtung der medialen Abschnitte der Lidränder. Dieselben verlaufen nicht horizontal, sondern leicht medianwärts absteigend. Die Weite der geöffneten Lidspalte beim geraden Vorwärtssehen beträgt beim Mann ungefähr 12 mm. Der Rand des unteren Augenlides entspricht dabei dem unteren Rande der Hornhaut, während der des oberen Lides ein wenig sich über den oberen Rand der Hornhaut herabgeschoben zeigt (Fig. 107). Der laterale Augenlid-Winkel liegt ziemlich genau vor der lateralen Grenze des Augapfels, während medianwärts die Papillae lacrymales in der Sagittalebene des Bulbus-Randes liegen, sodass der ganze Thränensee sich bereits jenseits des Augapfels befindet.

Die beschriebene Configuration der geöffneten Lidspalte erleidet einige Veränderungen beim Heben und Senken des Blickes. In ersterem Falle erreicht sie ihre grösst mögliche Weite mit durchschnittlich 15 mm, beim Senken dagegen verengert sie sich auf 7 bis 9 mm. Im ersteren Falle entfernt sich der untere Rand der Hornhaut beträchtlich vom freien Rande des unteren Lides, sodass zwischen beiden ein ansehnliches Stück der weissen Sclera erscheint; das obere Augenlid aber, welches sich mit dem Heben des Auges gleichzeitig hebt (s. oben S. 235) behält seine Stellung zum oberen Hornhautrande bei. Beim Senken des Auges bewahrt der freie Rand des unteren Augenlides seine relative Lage zum unteren Rande der Cornea, das obere Lid dagegen schiebt sich etwa bis zum oberen Rande der Pupille herab.

Bei geschlossener Lidspalte entspricht der freie Rand des oberen Augenlides dem unteren Rande der Hornhaut. Durch Senkung des lateralen Augenwinkels um etwa 5 mm wird nun die Verbindungslinie beider Augenwinkel nahezu horizontal, während die Berührungslinie beider Lider nach unten etwas convex erscheint. Der Saccus conjunctivae ist nunmehr vorübergehend geschlossen. Beide Lider schmiegen sich aber mit ihrer Innenfläche an die Aussenfläche des Augapfels, mit ihren Rändern an einander so innig an, dass zwischen der inneren Berührungslinie der Lidränder und dem Augapfel kein freier Raum entsteht. Früher beschrieb man einen solchen von dreiseitigem Querschnitt als sog. Thränenbach (*Rivus lacrymarum*). Derselbe existirt also in dieser Form nicht. Die Anpassung der beiden Lidränder kommt nämlich in folgender Weise zu Stande. An jedem Augenlidrande ist eine vordere Kante (*Limbus palpebralis anterior*) und eine hintere (*Limbus palpebralis posterior*) zu unterscheiden (vergl. Fig. 106). Die vordere Kante trägt die Cilien. Zwischen beiden Kanten ist der Lidrand gerade abgestutzt, sodass die Lidränder zwei bis

zu den Kanten vollständig auf einander passende Flächen darstellen, welche entweder, wie in Fig. 106 ihre beiden Ränder in einer Horizontale hinter einander zeigen oder sich der Art verhalten, dass am oberen Lid der vordere Lidrand tiefer steht, als der hintere, am unteren Lide dagegen umgekehrt der hintere Rand höher (Merkel). Die Ränder beider Lider müssen also in beiden Fällen bei geschlossener Lidspalte in ihrer ganzen Ausdehnung auf einander passen *).

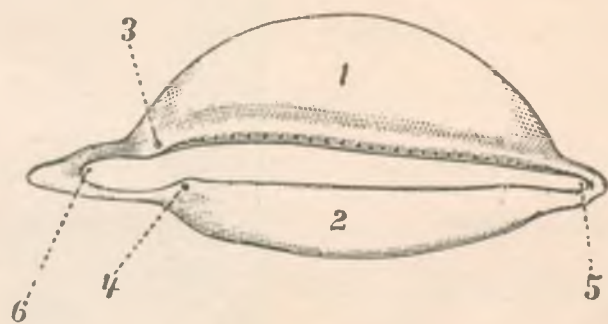
B) Feinerer Bau der Augenlider und der Conjunctiva.

I) Oberes und unteres Augenlid, Palpebra superior und inferior.

Wie bereits oben erörtert wurde, bestehen die beiden Augenlider des Menschen je aus einem dem Lidrande benachbarten durch eine steife Platte festen Bindegewebes, den Tarsus, gestützten Tarsalthteile und einem Falten bildenden die Verbindung mit der Stirnhaut bzw. Wangenhaut vermittelnden Orbitaltheile. Die beiden Tarsi (Augenlidplatten) (Fig. 108, 1 und 2) lassen sich künstlich herauspräparieren und stellen dann langgestreckte quergestellte dünne Platten dar von etwa 20 mm Länge, welche in der Mitte des Augenlides die grösste Höhe besitzen, nach beiden Augenwinkeln sich allmählig verschmälern. Im medialen Winkel setzt sich ihre Faserung in das Lig. palpebrale mediale fort, im lateralen hängen sie mit dem Lig. palpebrale laterale zusammen. Der obere Tarsus (Fig. 108, 1) ist entsprechend der grösseren Höhe (Breite) des oberen Augenlids höher (breiter) als der untere (Fig. 108, 2). Die Höhe des oberen Tarsus beträgt 10 mm, die des unteren 5. Die Dicke beider ist am grössten in der Mitte der Lidlänge (0,72 mm). Hier ist auch das Gefüge des Tarsus am festesten, um sowohl nach den beiden Augenwinkeln, wie nach den beiden Tarsalrändern an Consistenz abzunehmen. Der der Lidspalte zugekehrte Rand der Tarsi ist gerade, der nach dem Orbitalrande gerichtete convex und

Fig. 108.

Fig. 108. Die beiden Tarsalplatten, von hinten (innen) gesehen; sie sind künstlich herauspräpariert, nur am lateralen und medialen Augenwinkel mit dem Lig. palpebrale laterale bzw. mediale in Zusammenhang gelassen. 1, hintere Fläche des Tarsus superior, am Rande mit den punktförmigen Ausmündungen der Meibom'schen Drüsen; 2, hintere Fläche des schmaleren unteren Tarsus; 3 und 4, Punctum lacrymale superius und inferius; 5, lateraler, 6, medialer Augenwinkel.



zwar ungleich stärker gekrümmt im oberen, wie im unteren Lide. An Schnitten (vergl. Fig. 109) erkennt man die Continuität des äusserst fest gewirkten Tarsal-Bindegewebes mit dem umgebenden lockeren Bindegewebe; doch erscheint es namentlich an seiner vorderen Fläche ziemlich scharf abgegrenzt; nur an der Lidkante setzt sich das Tarsalgewebe in ein ähnliches festes Gewebe fort.

Dickenschnitte senkrecht zur Lidspalte geben am besten Aufschluss über die einzelnen Schichten, aus denen die Augenlider aufgebaut sind und den Ort der Einlagerung des Tarsus. Es wurde bereits oben erörtert, dass die Augenlider Faltenbildungen der Haut sind. Auf der äusseren Fläche der Lidfalten

*) Nur in einzelnen Fällen bei Abrundung des inneren Lidrandes ist eine Art Rivus entwickelt. Vergl. Henle, Sinnesorgane 2. Aufl. S. 727.

zeigt die Haut im Allgemeinen nur geringe Modificationen ihres Baues; auf der inneren Oberfläche dagegen hat sie wesentliche Aenderungen ihrer Textur erfahren, sodass eine besondere Bezeichnung dieses modificirten Hauttheiles als *Conjunctiva* gerechtfertigt erscheint. Man kann demnach einen Hauttheil und einen *Conjunctivaltheil* der Augenlider unterscheiden, welche durch eine Schicht Bindegewebe getrennt werden, das den Namen *centrale Bindegewebsschicht* erhalten mag. Letztere gewinnt am oberen Lid dadurch eine ganz besondere Bedeutung, dass sie sich zum Theil aus der vom *Supraorbitalrande* entstehenden *Fascia palpebralis superior*, besonders aber aus der sehnigen Ausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* ableitet (Fig. 106). Am Lidrande gehen Haut- und *Conjunctivaltheil* continuirlich in einander über. Es ist zweckmässig zuerst den Hauttheil und die *centrale Bindegewebsschicht*, dann den Lidrand und zuletzt den *Conjunctivaltheil* zu beschreiben.

1) Hauttheil der Augenlider.

Derselbe besteht: a) aus der eigentlichen Haut und b) aus einem Hautmuskel, der Fortsetzung des quergestreiften *M. orbicularis oculi*.

Fig. 109.

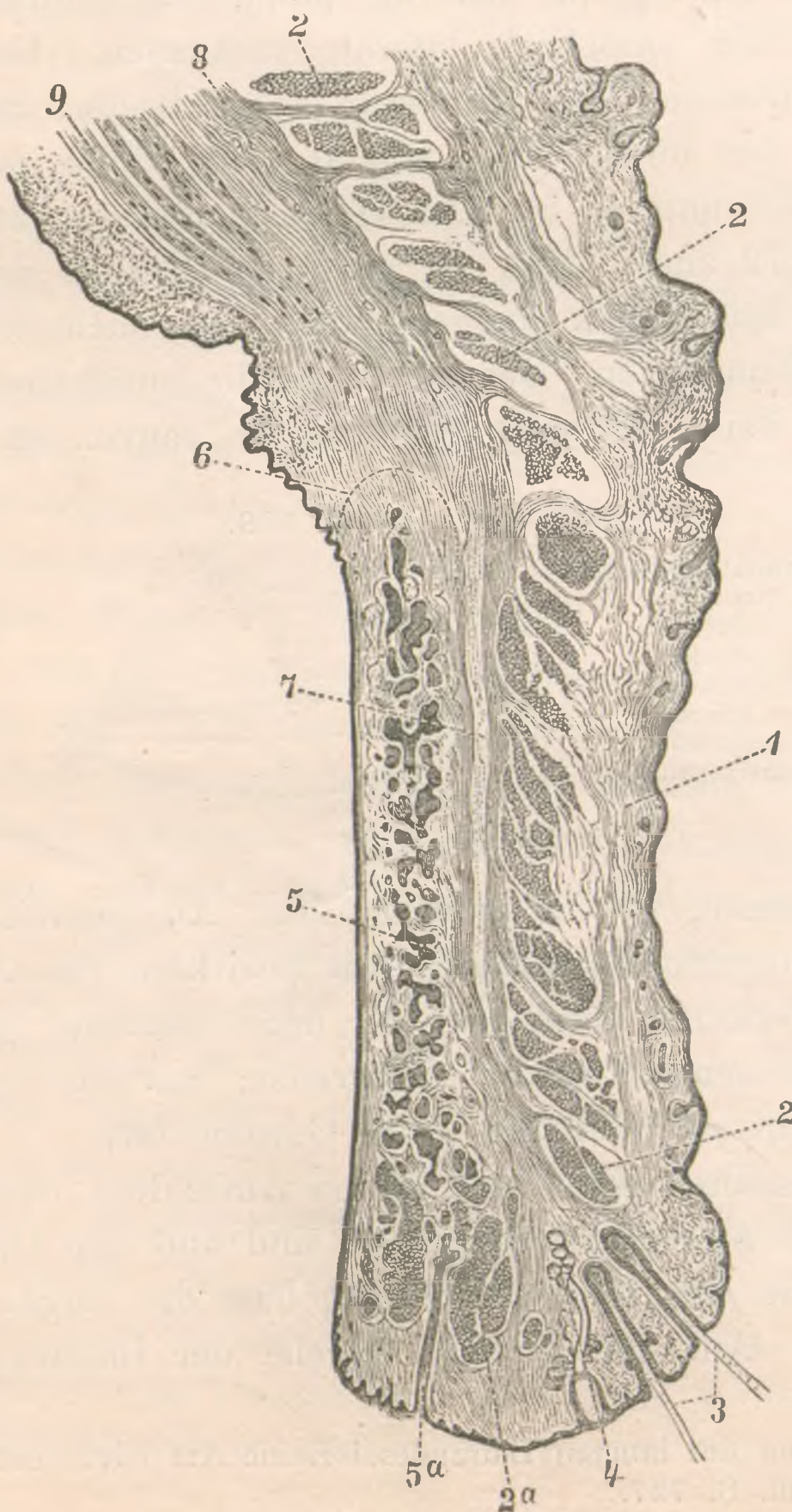


Fig. 109. Sagittalschnitt durch das obere Augenlid. Vergrößerung.

1, Haut; 2, Palpebraltheil des Musculus orbicularis oculi; 2a, dessen der inneren Lidkante angehöriger als Musculus ciliaris Riolani bezeichneter Theil; 3, Cilien; 4, Moll'sche Drüse, in einen Cilien-Haarbalg mündend; 5, Meibom'sche Drüse; 5a, deren Ausmündung; 6, Andeutung der hier nicht scharf ausgeprägten Grenze des Tarsus; 7, lockeres Bindegewebe zwischen Tarsus und vorderer Ausbreitung der Sehne des Musc. levator palpebrae superioris; 8, vordere bindegewebige Ausbreitung der Sehne des M. levator palpebrae superioris; 9, deren mittlere Lage, muskulös, als Musc. palpebralis superior [H. Müller] bezeichnet.

a) Die Haut der Augenlider (Fig. 109, 1) hat die gewöhnliche Zusammensetzung, besteht aus Epidermis, Cutis und lockerem subcutanen Bindegewebe. Die Papillen der Cutis zeigen hier nur eine geringe Entwicklung, nehmen dagegen an der Lidkante bedeutend an Ausbildung und Höhe zu. Das Unterhautbindegewebe ist fettlos. Feine Härchen mit sehr kleinen Haarbalgdrüsen finden sich über die ganze Oberfläche der Lidhaut zerstreut; zwischen ihnen stehen zahlreiche kleine Schweissdrüsen. Regelmässig finden sich endlich in der Cutis der Lider Pigmentzellen mit gold- bis dunkelbraunem Pigment, ferner dunkelgranulirte Zellen von der Klasse der Plasmazellen (Waldeyer).

b) Die Schicht des *M. orbicularis oculi*. An das Unterhautbindegewebe schliesst sich eine Lage querverlaufender, also an sagittalen Schnitten quergetroffener quergestreifter Muskelfasern an, welche zu lockeren Bündeln vereinigt sind und den Palpebraltheil des *M. orbicularis oculi* bilden. Sie setzen sich auch längs der Haut des Lidrandes bis zur Gegend der inneren Lidkante fort, durch die dem Lidrande angehörigen mannigfachen Bildungen in verschiedene Bündel zerklüftet. Ein besonders starkes gehört der inneren Lidkante an (Fig. 109, 2a), befindet sich mit dem grösseren Theile der Fasern vor, mit dem kleineren hinter dem Ausführungsgange der Meibom'schen Drüsen und wird gewöhnlich als eine besondere Portion des *M. orbicularis* unter dem Namen *Musculus ciliaris Riolani* beschrieben. Aus den Zwischenräumen zwischen den Bündeln des *M. orbicularis oculi* entwickeln sich Bindegewebsfaserzüge, welche sich im oberen Lide nach hinten und oben in die Sehnenfaserung des *M. levator palpebrae superioris* (Fig. 109, 8) fortsetzen.

2) Die centrale Bindegewebschicht.

Sie besteht in den mittleren Theilen des oberen Augenlides vorzugsweise aus der Sehnenfaserung des *M. levator palpebrae superioris*. Es ist jetzt am Ort, genauer über die Endigung des *Levator palpebrae superioris* zu berichten, als oben S. 227 geschehen konnte. Wie Sagittalschnitte ergeben (Fig. 106, 6a, b u. c), entwickelt sich aus dem vorderen Ende seines Muskelbauches eine dreifache Faserung. Eine obere Schicht (6a) ist rein sehnig, bildet eine fibröse Membran, welche in der Höhe des Fornix conjunctivae und im Orbitaltheile des Lides reichlich von querverlaufenden Bindegewebsbündeln durchzogen wird. Letztere sind es, welche die oben beschriebene (S. 228) Insertion an der lateralen und medialen Orbitalwand vermitteln. Im Tarsaltheile des Lides legt sich die sehnige Ausstrahlung dieser oberen Schicht der Levator-Ausbreitung der hinteren Fläche der Orbicularis-Faserung an (Fig. 109, 8), zwischen die Bündel der letzteren in der schon vorhin erwähnten Weise bindegewebige Septen hineinschickend. Im Orbitaltheile des Lides befindet sich an Stelle der Levatorsehne an der hinteren Fläche des *M. orbicularis* die *Fascia palpebralis* (Fig. 106, 3). Dieselbe entspringt am Orbitalrande ziemlich breit, verschmälert sich aber rasch, sodass sie in den mittleren Theilen des oberen Augenlides kaum mit der Levatorsehne zusammentrifft. In den seitlichen Partien dagegen dringt sie relativ tiefer herab und vereinigt sich mit der Faserung der Levatorsehne zur vorderen Lage der centralen Bindegewebschicht — Die mittlere Schicht der Levator-Ausbreitung (6b) ist aus glatten Muskelfasern zusammengesetzt und bildet die Faserbündel des *M. palpebralis superior* von H. Müller (Fig. 109, 9). Dieselben inseriren am oberen vorderen Rande des Tarsus superior und sind von den vorhin beschriebenen Sehnenfasern durch ein lockeres Bindegewebe getrent, das als ein zweiter Bestandtheil der centralen Bindegewebschicht zwischen die Sehne des Levator und den Tarsus unmittelbar vor letzterem herabzieht und die grösseren Blutgefässe und Nerven der Augenlider enthält. Die Faserung des *M. palpebralis superior* ist sagittal, also in der Ebene unseres Schnittes. — Die tiefste oder untere Schicht der Levator-Ausbreitung (Fig. 106, 6c) besteht wiederum aus Bindegewebe und zwar aus sagittal

verlaufenden Bündeln, welche an verschiedenen Stellen des Fornix conjunctivae die Conjunctiva erreichen. Im lateralen Theile des Lides wird diese Faserung mehr und mehr durch die Ausstrahlung des Fascienzipfels zum M. rectus superior ersetzt, der überdies auch mit den höheren Lagen Verbindungen eingeht und es so dem M. rectus superior ermöglicht, auf das obere Augenlid indirekt einzuwirken (Fig. 106).

Im unteren Augenlide tritt an Stelle der Levator-Ausbreitung der Fascienzipfel des Musc. rectus inferior (Fig. 106, 13a). Er lässt sich ebenfalls, wenn auch weniger deutlich, in drei Lagen sondern, von denen die innere und äussere rein bindegewebig sind, die mittlere dagegen die glatten Muskelfaserbündel des M. palpebralis inferior einschliesst. Letztere verlaufen in den mittleren Lidpartieen sagittal und zum unteren (äusseren) Tarsusrande; die beiden Bindegewebslager sind ausgezeichnet durch Einflechtung dem Lidrande bzw. der Faserung des M. orbicularis oculi paralleler Bindegewebsbündel, die besonders in der äusseren dem M. orbicularis benachbarten Lage ansehnlich entwickelt sind. Letztere Schicht vereinigt sich überdies mit der Fascia palpebralis inferior. Die innere oder tiefe Bindegewebslage dagegen erstreckt sich zur Conjunctiva in der Gegend des unteren Fornix.

3) Der Lidrand.

Der Lidrand ist durch ein derbes festes Bindegewebe ausgezeichnet, das in der Gegend der inneren Lidkante continuirlich in das Gewebe des Tarsus übergeht. Die Oberflächeder Cutis erhebt sich hier in zahlreichen ansehnlichen Papillen. Die Epidermis unterscheidet sich nicht von der Epidermis des Hauttheils der Lider und füllt die Zwischenräume zwischen den Papillen so vollständig aus, dass ihr Oberflächen-Contur nicht gewellt erscheint. — Eingebettet in das feste Bindegewebe des Lidrandes liegen 1) an der vorderen Lidkante in zwei bis drei Reihen hinter einander die Wurzeln der Augenwimpern oder Cilien (Fig. 109, 3), 2) etwas nach vorn von der hinteren Lidkante die unteren Theile langgestreckter Drüsen, der Meibom'schen Drüsen (Fig. 109, 5, 5a), welche sich innerhalb des eigentlichen Tarsus weit nach oben erstrecken, und endlich 3) zwischen und hinter den Haarbälgen der Cilien, etwa der Mitte des Lidrandes entsprechend eigenthümliche modificirte Schweissdrüsen, die Moll'schen Drüsen (Fig. 109, 4). Die oben erwähnten dem Lidrande angehörigen Theile des M. orbicularis oculi, der sog. M. ciliaris Riolani (Fig. 109, 2a), befinden sich mit dem bei weiten grössten Theile ihrer Bündel in dem Zwischenraume zwischen den hintersten Moll'schen Drüsen und den Meibom'schen, mit einer kleinen Portion hinter den letzteren, sich noch mehr oder weniger weit an der hinteren Lidfläche heraufziehend.

a) Die Augenwimpern, Cilien (*Cilia*) (Fig. 109, 3) stehen in der Nachbarschaft der vorderen Lidkante in zwei bis drei (zuweilen sogar vier) Reihen hinter einander. Die des oberen Lides sind länger und dicker, als die des unteren; erstere sind 8—12 mm, letztere nur 6—8 mm lang. Sie sind nicht gerade gestreckt, sondern leicht gebogen, und zwar ist die Concavität dieser Biegung im oberen Lide nach oben, im unteren nach unten gerichtet. Im oberen Lide sind sie ferner zahlreicher, als im unteren: Donders zählte in ersterem 104—150, in letzterem 50—70. Sie wurzeln ziemlich tief (2 mm) in dem festen

Bindegewebe des Lidrandes, verhalten sich aber in ihrem feineren Bau von dem anderer Haare nicht wesentlich verschieden. Sie sind einem regen Wechsel unterworfen: alte dicke Cilien werden durch neue nachwachsende dünnere verdrängt und zum Ausfallen gebracht. Donders schätzt die Lebensdauer der Cilien auf 100 bis 150 Tage. — Die Haarbälge der Cilien sind mit kleinen Haarbalgdrüsen versehen; überdies münden in Haarbälge der hinteren Cilienreihen die Ausführungsgänge der Moll'schen Drüsen. Kleine Bündel des *M. orbicularis oculi* finden sich zwischen den Haarbälgen der Wimpern.

b) Die Moll'schen Drüsen (modificirte Schweissdrüsen des Lidrandes) (Fig. 109, 4) sind eigenthümliche den Schweissdrüsen verwandte tubulöse Drüsen mit relativ engem Ausführungsgange und weitem gewundenen Drüsenschlauche, die in Bau und Anordnung die grösste Aehnlichkeit mit den Ohrenschmalzdrüsen des äusseren Gehörganges besitzen (Tartuferi). Sie finden sich vorzugsweise in dem Raume zwischen den hintersten Cilien und dem *M. ciliaris Riolani* und münden, zuweilen zu zwei bis drei, in die Haarbälge der letzteren unterhalb der Talgdrüsen, etwa 0,2 mm vom Lidrande (Sattler). Nicht selten stehen sie in zwei bis drei oder sogar vier Reihen hinter einander an einem Dickenchnitt. An einen etwa 0,45 mm langen engen Ausführungsgang schliesst sich ein ungleich dickerer einfacher Drüsenschlauch, der in zahlreichen eng an einander liegenden Windungen einen bis etwas über das Niveau der Haarpapillen eingesenkten birnförmigen Drüsenkörper bildet. In der unmittelbaren Umgebung des letzteren und zwischen den Windungen des Drüsenschlauches macht das feste mit dem Tarsus continuirliche Bindegewebe der Lidkante einem mehr lockeren Bindegewebe Platz, gegen welches sich der Drüsenschlauch selbst durch eine Endothelmembran abgrenzt. Innerhalb derselben liegen zwei Schichten von Zellen: 1) eine äussere Lage parallel der Längsrichtung des Schlauches gestreckter spindelförmiger Zellen, die nach den Untersuchungen Sattler's glatte Muskelfasern sind; und 2) eine einfache Lage cylindrischer granulirter Drüsenepithelzellen mit gelbbraunen Körnchen ohne Cuticularsaum. Der ungleich engere Ausführungsgang besitzt dagegen ein zweischichtiges Epithel, das nur in der Nachbarschaft seiner Ausmündung mehrschichtig wird. Die innerste Zellenlage des zweischichtigen Epithels besitzt einen Cuticularsaum (Sattler).

c) Die Meibom'schen Drüsen (Tarsaldrüsen, Augenliddrüsen; *glandulae tarsales* s. *Meibomianae* s. *sebaceae palpebrarum* s. *folliculi ciliares*) (Fig. 109, 5) sind langgestreckte acinöse Drüsen, welche an der inneren Lidkante mit feinen punktförmigen Oeffnungen ausmünden (Fig. 108, 1; Fig. 109, 5a; Fig. 110) und innerhalb des Tarsalgewebes bis in die Nachbarschaft des entgegengesetzten Randes

Fig. 110.

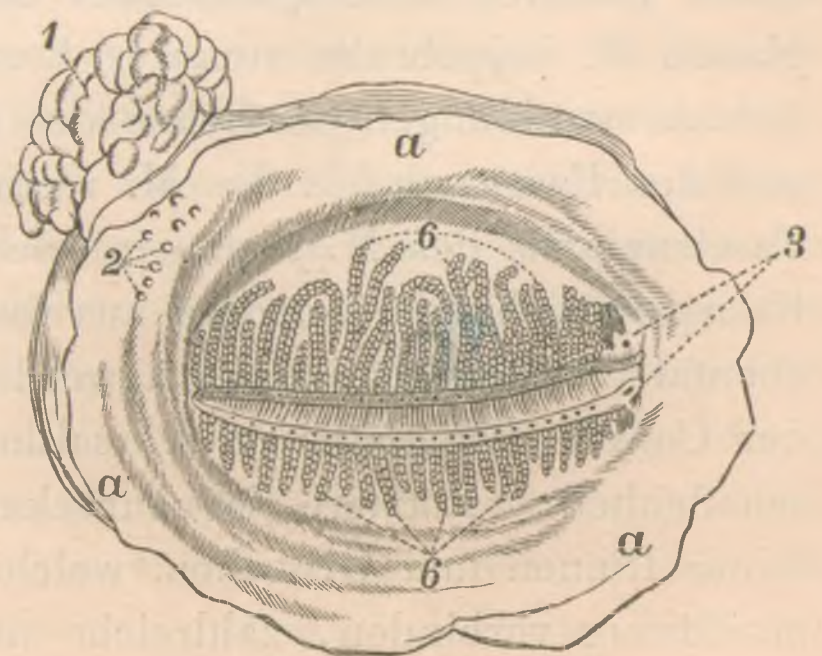


Fig 110. Die beiden Augenlider des linken Auges von der hinteren (Conjunctival-) Fläche aus gesehen.

a, a, a, Conjunctiva des Orbitaltheils der Lider und des Fornix; 1, Thränendrüse (obere und untere Thränendrüse nicht gesondert dargestellt); 2, Mündungen der feinen Ausführungsgänge der Thränendrüsen, schematisirt; 3, Puncta lacrymalia; 6, Meibom'sche Drüsen beider Augenlider.

des Tarsus sich erstrecken. Sie liegen näher der vorderen als der hinteren Fläche des Tarsalgewebes und sind dabei mit ihrer Längsaxe im Allgemeinen senkrecht zur Lidkante orientirt; nur die dem medialen und lateralen Tarsal-Ende entsprechenden neigen sich etwas einander entgegen (Fig. 110 links oben). Da die Höhe der Tarsi von ihrer Mitte nach beiden Seiten abnimmt, so muss demnach auch die Länge der Meibom'schen Drüsen im entsprechenden Verhältniss abnehmen. Ihre Zahl beträgt im oberen Lide etwa 30, im unteren Lide, in welchem sie überdies entsprechend der geringeren Höhe des Tarsus kürzer sind, etwas weniger. Jede Meibom'sche Drüse besteht aus einem langen axialen Ausführungsgange (nur zum Theil im Schnitt Fig. 109 getroffen) und demselben seitlich ansitzenden einfachen oder zusammengesetzten Alveolen, welche aber stets sehr kurz bleiben und die Dicke der Tarsalplatte nicht überschreiten. Der 0,1 mm dicke Ausführungsgang mündet an der inneren Lidkante, der Durchmesser der Alveolen beträgt 0,08 bis 0,15 mm. Die Alveolen sind durch eine zarte kernhaltige Membrana propria gegen das umgebende Tarsalgewebe abgegrenzt. Ihre Auskleidung besteht aus einem mehrschichtigen kubischen Epithel, dessen der Membrana propria aufsitzende Zellen noch eiweissreich sind; je weiter nach dem Centrum des Acinus, um so mehr zeigen sich die Zellen im Zustande fettiger Degeneration und die centralen Partien sind in der Nähe des Alveolenausgangs mit einer aus abgestossenen verfetteten und zerfallenden Zellen bestehenden Detritus-Masse erfüllt. Der Ausführungsgang selbst besitzt als Auskleidung ein Epithel vom Charakter der gewöhnlichen Epidermis mit oberflächlichen verhornten Zellen, die hier die verfetteten Zellen der Acini vertreten. Nach Allem sind die Meibom'schen Drüsen als Aggregate gewöhnlicher Talgdrüsen anzusehen; sie liefern ein fettiges Sekret, das den Namen *Lema* s. *Sebum palpebrale* erhalten hat. Der aus feinkörnigem Fett bestehende Inhalt der Meibom'schen Drüsen bedingt, dass dieselben im auffallenden Licht weisslich erscheinen; sie sind desshalb, solange die Conjunctiva palpebrarum durchscheinend ist, wie im Leben und einige Zeit nach dem Tode, deutlich durch letztere hindurch in ihrer Anordnung ohne weitere Vorbereitung zu erkennen.

4) Conjunctivaltheil der Lider.

Der Conjunctivaltheil der Lider gliedert sich in einen Tarsaltheil und Orbitaltheil. In ersterem ist die Conjunctiva palpebrarum straff unverschieblich dem Tarsus angeheftet, während sie innerhalb des Orbitaltheils durch lockeres subconjunctivales Bindegewebe sich an die innere Fläche des glatten M. palpebralis superior bzw. inferior anschliesst, überdies im oberen Lide Ansstrahlungen der Sehne des quergestreiften M. levator palpebrae superioris und des Fascienzipfels des M. rectus superior (s. oben S. 232), im unteren des Fascienzipfels des M. rectus inferior erhält. Dass das Gewebe des Tarsus kein Knorpelgewebe ist, sondern aus fest verfilzten Bindegewebsbündeln besteht, ist ebenfalls schon oben erörtert worden. Im Orbitaltheil erscheint die Oberfläche der Conjunctiva glatt, im Tarsaltheile dagegen zeigt sie eine sammetartige Beschaffenheit. Letztere ist zurückzuführen auf das Vorhandensein zahlreicher feiner Rinnen und Grübchen, welche in mannigfacher Weise sich unter einander netzförmig verbinden, zahlreiche niedrige Vorsprünge der Oberfläche erzeugen.

Es ist dies der sogenannte „Papillarkörper“ von Eble (Rinnensystem von Stieda). Die durch die Rinnen und Grübchen abgegrenzten Vorsprünge sind um so grösser, je näher dem angewachsenen Rande des Augenlides; besonders entwickelt sind sie an der Grenze des Orbitaltheiles; oft finden sie sich nur hier allein, während in anderen Fällen die ganze Oberfläche des Tarsaltheiles der Conjunctiva damit bedeckt ist. Nur der unmittelbar an die innere Lidkante angrenzende Abschnitt der Tarsal-Conjunctiva ist von glatter Oberfläche, obwohl gerade hier das Bindegewebe sich zu ansehnlichen Papillen erhebt; es werden aber die dadurch bewirkten Unebenheiten durch die epitheliale Bekleidung vollständig ausgeglichen, was innerhalb des grösseren Theiles der Tarsal-Conjunctiva (des Eble'schen Papillenkörpers) nicht der Fall ist. Auch im Orbitaltheile der Conjunctiva füllt das Epithel die zwischen den hier sich findenden Gefässpapillen bestehenden Buchten vollständig aus.

Das Epithel der Conjunctiva palpebrarum ist an der inneren Lidkante in seinem Aufbau noch nicht von der Epidermis der Augenlider verschieden und behält diesen Charakter auch noch eine $1\frac{1}{2}$ bis 1 mm lange Strecke an der inneren Oberfläche des Tarsus bei, nämlich so weit, wie die echten Papillen reichen. Dann beginnt es sich allmählig zu verdünnen und ist im Tarsaltheile der Conjunctiva auf zwei Schichten reducirt, eine oberflächliche aus Cylinderzellen gebildete und eine tiefe Lage von Platten-Epithelzellen; letztere wird im Orbitaltheile der Lider und in der Uebergangsfalte zum Bulbus wieder durch zwei bis drei Schichten vertreten. Die Cylinderzellen besitzen an ihrer freien Oberfläche einen gestreiften Saum (Waldeyer, Tartuferi). Auch in den Vertiefungen des sammetartigen Tarsaltheils wird das Epithel mehrschichtig und stellen sich hier besonders schön entwickelte Cylinderzellen ein (s. unten). Zwischen den Cylinderzellen, sowohl der Oberfläche als der Epitheleinsenkungen finden sich in vielen Fällen, aber nicht immer, Becherzellen. Besonders häufig, einzeln oder gruppenweise, treten sie bei alten Individuen und in chronischen Conjunctivalkatarrhen auf; ihr Vorkommen wird deshalb für pathologisch erklärt (Reich, Ciaccio, Sattler); sie entstehen vorzugsweise durch Umwandlung der Cylinderzellen.

Das Bindegewebe der Conjunctiva palpebrarum sondert sich im Orbitaltheile der Lider und im Fornix in ein festeres conjunctivales und ein lockeres subconjunctivales. Beide sind reich an elastischen Fasern. Im Tarsaltheile fehlt das letztere, ist die Tunica propria conjunctivae fest dem Tarsalgewebe angeheftet. Charakteristisch für einen grossen Theil der Tarsal-Conjunctiva ist der Aufbau ihrer bindegewebigen Grundlage aus reticulärem Bindegewebe, dessen Maschenräume mit Lymphkörperchen erfüllt sind, also eine diffuse lymphoide Infiltration des Conjunctivalgewebes. Die Ausdehnung, in welcher das Gewebe lymphoid infiltrirt erscheint, ist individuell sehr verschieden, um so stärker entwickelt und um so ausgedehnter, je stärker ausgeprägt und weiter verbreitet die netzförmig verbundenen leistenförmigen Erhebungen der Tarsal-Conjunctiva gefunden werden, demnach besonders ausgeprägt in der Gegend des der Lidbasis zugekehrten Tarsal-Randes, von hier aus in individuell verschiedener Weise sowohl in das Gebiet des Orbitaltheiles als nach dem Lidrande zu übergreifend. Während über diese lymphoide Infiltration des Conjunctival-Bindegewebes und ihre variable Ausdehnung keine wesentlichen Meinungs-Verschiedenheiten bestehen,

ist die Frage nach dem Vorkommen circumscripiter Lymphfollikel in der Conjunctiva des Menschen (Bruch'sche Follikel, von Henle *Trachomdrüsen* genannt) in sehr verschiedenem Sinne beantwortet worden. Ziemlich allgemein anerkannt ist, dass solche Follikel bei verschiedenen Säugethieren (Hund, Katze, Schaf, Schwein, Rind) im ausgewachsenen Zustand sich normaler Weise constant vorfinden, besonders verbreitet im medialen (vorderen) Augenwinkel und in der Uebergangsfalte der Conjunctiva des dritten Augenlides (der Nickhaut) auf die Conjunctiva bulbi (Schmid). Beim Rind findet sich eine solche Follikelgruppe etwa in der Mitte der Länge des unteren Augenlides in der Nähe seiner Uebergangsfalte zum Augapfel; es ist diese Gruppe unter dem Namen „Bruch'scher Haufen“ bekannt. Für die Conjunctiva des Menschen wird von Blumberg, Waldeyer, Sattler und Raehlmann das Vorkommen von Lymphfollikeln als normales Vorkommniss überhaupt in Abrede gestellt, während eine Reihe anderer Forscher (W. Krause, Kleinschmidt, Henle, Merkel, Ciaccio, Goldzieher) die Follikel als normale Gebilde anerkennen, Henle und Merkel aber mit dem Vorbehalt, dass sie in ihrem Vorkommen variabel seien und häufig, besonders in der Jugend, gänzlich fehlen. Baumgarten nimmt insofern eine vermittelnde Stellung ein, als er die betreffenden Gebilde zwar für normal, aber für nicht deutlich abgegrenzt vom übrigen Gewebe erklärt. Derartige allmählig in der allgemeinen lymphoiden Infiltration verstreichende stärker mit Lymphkörperchen durchsetzte Stellen habe auch ich in Conjunctiven gefunden, an denen pathologische Veränderungen nicht zu entdecken waren. Weitere Erfahrungen stehen mir nicht zu Gebote. Ich möchte aber trotzdem nicht, wie die oben zuerst erwähnten Forscher, diejenigen menschlichen Conjunctivae, in denen vereinzelte Lymphfollikel gefunden werden, für pathologisch erklären, besonders mit Rücksicht auf das normale Vorkommen solcher Follikel bei den verschiedensten Thieren, bei denen das constante Auftreten an ganz bestimmten Localitäten, der typische Entwicklungsgang und die constante Form bei den einzelnen Arten (Schmid) in überzeugender Weise dafür sprechen, dass sie normale Bildungen darstellen, welche allerdings beim Menschen nur vereinzelt und nicht in allen Fällen gefunden werden.

Drüsen der Conjunctiva palpebrarum.

a) Als Henle'sche oder tubulöse Drüsen der Conjunctiva bezeichnet man schlauchartige gerade oder schief gerichtete Einsenkungen des Epithels der Conjunctiva an den Stellen, an welchen das Rinnensystem (der Eble'sche Papillarkörper) besonders gut entwickelt ist. Diese Einsenkungen erscheinen mit oder ohne Lumen und sind in ersterem Falle ausgekleidet von einer dem Lumen zugewandten Cylinderzellenlage, welche durch eine Schicht platter Zellen vom angrenzenden Bindegewebe getrennt ist. Die Epitheleinsenkungen sind um so stärker entwickelt, je reichlicher das reticuläre Bindegewebe sich in der Conjunctiva vorfindet, von dessen Auftreten überhaupt die Rinnenbildung der Tarsal-Conjunctiva abhängig ist. Beim Neugeborenen fehlen sowohl Rinnen wie reticuläres Bindegewebe. Unter gewöhnlichen Verhältnissen, in welchen Lymphfollikel in der Conjunctiva gänzlich vermisst werden, sind die Epitheleinsenkungen im Grunde der Rinnen nur kurz und verdienen ebensowenig den Namen von

Drüsen, wie die Rinnen und Buchten der Oberfläche selbst. Sobald aber folliculäre Concentrationen von reticulärem Bindegewebe sich einstellen, nehmen die Epitheleinsenkungen an Zahl und Länge zu und erscheinen mehr oder weniger gut gesondert als schlauchförmige Drüsen. Dieselben finden sich dann besonders gut ausgebildet und reichlich im medialen Drittel der Tarsal-Conjunctiva beider Lider, sodann auch im lateralen Drittel der Lidbindehäute (Baumgarten). Bei der trachomatösen Erkrankung sind die cylindrischen drüsenähnlichen Epitheleinsenkungen ganz besonders häufig („Trachomdrüsen“ Raehlmann). Schliesst man sich also der Meinung derjenigen Forscher an, welche das Auftreten von Lymphfollikeln in der Conjunctiva überhaupt für pathologisch halten, so muss man auch das Vorkommen Henle'scher schlauchförmiger Drüsen in der normalen Conjunctiva in Abrede stellen (Sattler); hält man aber das Auftreten von Lymphfollikeln in der menschlichen Bindehaut für ein normales, wenn auch nicht constantes, so wird man das Vorkommen schlauchförmiger Epitheleinsenkungen in derselben Weise zu beurtheilen haben. Dies ist wohl einer der Gründe, weshalb so schwer eine Einigung in der Frage nach dem Vorkommen tubulöser Drüsen in der Tarsal-Conjunctiva herzustellen ist; ein anderer Grund liegt darin, dass der individuellen Beurtheilung von Epitheleinsenkungen als selbstständigen Drüsen oder nur wenig modificirten Theilen des allgemeinen Rinnensystems freier Spielraum gegeben ist: dieselben Dinge werden von verschiedenen Autoren mit verschiedenen Namen bezeichnet.

b) Acinöse Drüsen finden sich sowohl in der Conjunctiva fornicis, als im Grenzgebiet der Pars tarsalis und orbitalis der eigentlichen Lid-Conjunctiva. An beiden Localitäten besitzen sie denselben Bau, welcher sich so innig an den feineren Bau der Thränendrüse anschliesst, dass sie mit vollem Recht von Henle als accessorische Thränendrüsen bezeichnet werden.

a) Die in der Conjunctiva fornicis befindlichen (*Glandulae acinosae subconjunctivales*, Gl. mucosae [W. Krause]) sind im Gebiet des unteren Augenlids nur spärlich vorhanden (6—8 nach Kleinschmidt), während sie im oberen Augenlid in grosser Zahl (42) vorkommen. Am zahlreichsten finden sie sich am Fornix des oberen Augenlids nahe dem lateralen Augenwinkel, also in der Umgebung der Ausführungsgänge der Thränendrüse.

β) Andere acinöse Drüsen (*Glandulae mucosae tarso-conjunctivales* [Ciaccio], acino-tubuläre Drüsen [Waldeyer]) von ganz ähnlichem Bau liegen in der Conjunctiva tarsi und zwar im Tarsalgewebe selbst zwischen dem Orbitalrande desselben und den Enden der Meibom'schen Drüsen, zuweilen sogar mit ihren Läppchen zwischen die Acini der Meibom'schen Drüsen hineindringend. Sie sind viel spärlicher vorhanden, unregelmässig zerstreut und an Zahl sehr variabel, doch vorzugsweise im medialen Ende des oberen Lides anzutreffen (Wolfring).

Gefäße der Augenlider.

1) Blutgefäße. Die Blutgefäße der Augenlider sind von Langer und von Fuchs genauer untersucht. Jedes Augenlid erhält vom lateralen und medialen Augenwinkel aus je eine *A. palpebralis lateralis* und *medialis*. Dieselben verlaufen in der vor dem Tarsus befindlichen centralen Bindegewebsschicht (s. oben S. 241) einander entgegen und gehen untereinander eine bogenförmige Anastomose ein, den *Arcus tarseus internus palpebrae superioris* und *inferioris* (obere und untere

Randarterie [Fuchs]). Derselbe liegt in geringer Entfernung vom Lidrande, im oberen Lide demselben näher (1—2 mm) als im unteren (2—3 mm). Im oberen Augenlide und häufig auch im unteren, findet sich entlang dem äusseren convexen (Orbital-) Rande des Tarsus ein zweiter arterieller Bogen (*Arcus tarseus externus*), welcher aus einem Zweige der *A. palpebralis medialis* durch Verbindung mit einem Aste der *A. zygomatico-temporalis* oder *transversa faciei* hervorgeht (Henle). Von dem der Lidkante näheren Hauptbogen (*Arc. tarseus internus*) gehen: 1) *Rami cutanei* ([Langer], untere Hautarterien [Fuchs]) nach vorn zum *M. orbicularis*, zur Haut und zu den Cilien; 2) entwickeln sich besondere prä tarsal aufsteigende Aeste, welche ein Netz an der vorderen Seite des Tarsus bilden und aus diesem zu den Läppchen der im Tarsalgewebe liegenden Meibom'schen Drüsen successive Zweige (*Rami glandulares*) entsenden, der Art, dass jede Drüse ihr eigenes abgeschlossenes Capillarnetz besitzt, während die Capillaren der einzelnen Läppchen derselben Drüse unter einander anastomosiren; ausserdem werden vom prä tarsalen Netz einzelne kleine Arterien zur Haut abgegeben (obere Hautarterien [Fuchs]); 3) ebenfalls in der Richtung nach hinten, aber horizontal zwischen der Lidkante und dem Lidrande des Tarsus, verlaufen Stämmchen (*Aa. perforantes inferiores* [Fuchs]), welche a) einerseits nach dem Lidrande zu bis zur inneren Lidkante den mit echten Papillen versehenen Uebergangstheil der Haut zur Conjunctiva mit Zweigen (*Rami marginales*) versorgen, b) andererseits in entgegengesetzter Richtung, also im oberen Lide aufsteigend, im unteren absteigend, im Bindegewebe der Conjunctiva tarsi sich vertheilen (*Rami conjunctivales interni*). Erstere schicken je eine Capillarschlinge in jede Papille hinein, deren venöser Schenkel sich vor dem arteriellen durch weiteres Lumen auszeichnet. Die Arterien der eigentlichen Conjunctiva dagegen entwickeln unmittelbar unter dem Epithel derselben ein dichtes Capillarnetz, dessen Röhrchen durch buchtige Erweiterungen eigenthümlich charakterisirt sind (Langer). Diese Gefässe der Conjunctiva tarsi stehen mit den die Meibom'schen Drüsen umspinnenden Gefässnetzen in den mittleren fester gewirkten Partien des Tarsus nur durch spärliche *Rami perforantes* in Verbindung, die grösstentheils als feine aus der Conjunctiva zu den prä tarsalen Gefässen führende Venen aufzufassen sind, nur zum kleinsten Theile Verbindungen zwischen den Capillaren der Conjunctiva und der Meibom'schen Drüsen darstellen. — Vom *Arcus tarseus externus*, der in seinem Verlaufe dem Orbitalrande des Tarsus entspricht, oder von entsprechenden an dieser Stelle befindlichen kleinen Arterien gelangt eine zweite Reihe arterieller Zweige (*Rami conjunctivales externi* [Langer]; *Aa. perforantes superiores* [Fuchs]) direkt zur Conjunctiva, welche in ihren Verzweigungen den oben beschriebenen aus dem *Arc. tarseus internus* stammenden Conjunctival-Arterien entgegen kommen und einen mit diesen continuirliches Capillarnetz bilden. So wird die Conjunctiva tarsi nicht direkt von vorn mit Blutgefässen versorgt, sondern mit Umgehung des Tarsus auf dem Umwege um den Lidrand und Orbitalrand desselben herum (Langer). — Das Verhalten der Venen der Augenlider ist in der Conjunctiva tarsi dadurch ausgezeichnet, dass sie sich aus den Capillaren ziemlich rasch zu verhältnissmässig weiten Röhrchen sammeln, welche in ihrer Mehrzahl erst mit Umgehung des geraden und convexen Tarsalrandes das vor dem Tarsus befindliche Gewebe erreichen. Eigenthümlich ist die

Anordnung der aus den Papillen der Lidkante entspringenden venösen Zweige; dieselben zeigen zunächst eine zur Lidkante senkrechte parallele Anordnung, um erst am Beginn des festeren Tarsaltheiles nach den vorderen Schichten des Lides umzubiegen (Langer). Hier im prä tarsalen Gewebe münden sie in Netze, welche im Allgemeinen dem Arcus tarseus internus und externus entsprechen. Aus ersterem entwickeln sich die Hautvenen des Lides, welche ihr Blut in Gesichtsvenen ableiten, während das dem äusseren Tarsalrande entsprechende Venennetz seine Abflusswege nach der Orbita entsendet (Fuchs). — Im unteren Augenlide sind die Verhältnisse ähnlich, wie im oberen; nur findet sich statt zweier ein einfacher Gefässbogen, welcher dem Arcus tarseus internus des oberen Lides entspricht.

2) Die Lymphgefässe der Augenlider sind, soweit sie sich durch Einstichs-Injection unter die Conjunctiva tarsi füllen lassen, von Fuchs studirt. Am oberen Lide finden sich zwei verschiedene Netze von Lymphgefässen, ein sehr dichtes in der Conjunctiva tarsi und ein anderes spärlicheres an der Vorderseite des Tarsus. Innerhalb des conjunctivalen Netzes sind die Maschen am engsten, die Gefässe am reichlichsten entwickelt längs des convexen Randes des Tarsus und auf diesem selbst; die Lymphgefässe ordnen sich hier in mehreren Schichten über einander. An der Innenfläche des grösseren Theiles vom Tarsus folgt dann bis etwa 2 mm vom freien Lidrande ein weitmaschiges Netzwerk mit Lymphgefässen von äusserst variabler Dicke, deren grössere Stämmchen näher der Oberfläche liegen, als die feineren. Aus diesem Gebiet entwickeln sich feinste Lymphgefässe (von höchstens $10\ \mu$ Kaliber), welche mit einem weitmaschigen Netzwerk die Meibom'schen Drüsen umspinnen. Da auch die prä tarsalen Lymphgefässe sich an der Bildung dieses im Tarsus gelegenen Netzes betheiligen, so findet hier eine indirekte Communication zwischem dem conjunctivalen und prä tarsalen Lymphgefässnetze statt. Eine zweite direkte Communication beider Netze wird in etwa 2 mm Entfernung vom freien Lidrande hergestellt durch dickere direkt den Tarsus perforirende Lymphgefässe. Das conjunctivale Netz ist an ihrer Abgangsstelle wieder dichter geworden, seine Stämmchen verlaufen vorzugsweise dem Lidrande parallel. Ein ähnlich dichtes Netzwerk liegt in geringer Entfernung davon an der inneren Lidkante und aus diesem gehen grössere Gefässe hervor, welche sich direkt nach vorn zu den Lymphgefässen der äusseren Haut begeben. Am oberen Rande des Tarsus entwickeln sich die spärlicheren Lymphgefässe des zweiten oder prä tarsalen Netzes. Sie unterscheiden sich von denen des conjunctivalen Netzes durch den Besitz von Klappen. Dass prä tarsale Lymphgefässe abgesehen von ihrem Ursprungsgebiet am oberen Tarsalrande noch auf zwei anderen Wegen mit den conjunctivalen zusammenhängen, ist bereits erwähnt. — Durch Einstich in die Meibom'schen Drüsen gelingt es häufig schalenförmige Räume zwischen Alveolen-Epithel und Membrana propria mit Injectionsmasse zu füllen, welche mit Lymphgefässen communiciren und deshalb wohl als Lymphräume angesehen werden müssen. — Im unteren Augenlid ist die Anordnung des conjunctivalen Lymphgefässnetzes eine mehr gleichmässig dichte, dichter als im oberen Lid. Den Tarsus perforirende Lymphgefässe kommen im unteren Lid nicht vor. Das prä tarsale Netz ist nicht sehr dicht; seine Verbindung mit dem conjunctivalen wird nur durch die zu den Acinis der Meibom'schen Drüsen gehenden Zweige vermittelt.

Nerven der Augenlider.

Die sensiblen Nerven der Augenlider stammen (vergl. Neurologie S. 826, 827 und 834) für das obere Lid grösstentheils aus dem N. supraorbitalis und frontalis, für das untere aus dem N. infraorbitalis; nur das Gebiet des medialen Lidwinkels wird aus der Verbindung des N. supratrochlearis mit dem N. infratrochlearis, das des lateralen Augenwinkels vom N. lacrymalis versorgt. Die für den Palpebraltheil des M. orbicularis oculi bestimmten motorischen Facialisfasern treten vom lateralen Augenwinkel aus in die Lider hinein und mischen sich unter die sensiblen Fasern. In dem der Lidkante nahe liegenden Bezirke am Grunde der Haarbälge der Cilien, welcher nach vorn vom M. orbicularis, nach hinten vom Tarsus, nach der Lidspalte zu aber vom M. ciliaris Riolani begrenzt wird, bilden die innerhalb der centralen Bindegewebsplatte dem Lidrande zustrebenden Nerven einen reichen Plexus, den Randplexus des Lides (v. Mises). Während ihres Verlaufes zum Randplexus entsenden die erwähnten Nerven: 1) Zweige nach vorn in den M. orbicularis und durch diesen hindurch in die Haut, 2) über den convexen äusseren Rand des Tarsus hinweg zur Conjunctiva; letztere Zweige verbreiten sich, in der Conjunctiva angelangt, sowohl in der Richtung nach dem Fornix, als nach dem Lidrande zu. — Aus dem Randplexus selbst entstehen 1) Zweige für die Haarbälge der Cilien, deren Nervenfasern in analoger Weise endigen, wie an den Haaren überhaupt (vergl. Tastorgane S. 29 ff.), 2) um den Lidrand des Tarsus nach hinten Nerven, welche mit einem Theile ihrer Fasern sich orbitalwärts der Conjunctiva tarsalis zuwenden, andererseits die der inneren Lidkante benachbarten Papillen mit sensiblen Fasern, den M. ciliaris Riolani mit motorischen ausstatten. Die in die Papillen eintretenden enden nach W. Krause in Tastkörperchen (vergl. oben S. 22). Besondere Nerven für die Meibom'schen Drüsen, welche als markhaltige Fasern mit den Gefässen zu den Alveolen gelangen und dann unter Durchbohrung der Membrana propria und Verlust der Markscheide zwischen den Epithelzellen sich verbreiten sollen, beschreibt Colasanti. v. Mises konnte sich dagegen nicht von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen.

II. Drittes Augenlid (*Palpebra tertia*, *Plica semilunaris*, Membrana nictitans) und Caruncula lacrymalis.

Die Plica semilunaris, das Rudiment eines dritten Augenlides, ist bereits oben nach Gestalt und allgemeiner Anordnung beschrieben (S. 237 Fig. 107). Durch eine Rinne wird die halbmondförmige Falte gegen die im medialen Augenwinkel gelegene Caruncula lacrymalis abgegrenzt. Letztere verhält sich wie eine röthlich gefärbte modificirte Hautinsel, die durch die bogenförmig sich vereinigenden Lidränder von der Haut der Nase abgegrenzt ist. Ihr Epithel gleicht auf den Abhängen dem zweischichtigen der Conjunctiva palpebrarum, wird aber auf dem Gipfel mehrschichtig (Waldeyer). Cutis und Unterhautbindegewebe verhalten sich wie bei der äusseren Haut; letzteres ist mit Fettträubchen durchsetzt. Feine Härchen erheben sich von ihrem Gipfel; ihnen gehören ansehnliche Haarbälge und Talgdrüsen an. Auch modificirte Schweissdrüsen, welche den oben (S. 243) beschriebenen Moll'schen Drüsen gleichen, fehlen nicht.

Für die Deutung der *Plica semilunaris* als drittes Augenlid sprechen folgende Thatsachen: Am Grunde der *Plica semilunaris* findet sich in seltenen Fällen (bei 548 darauf untersuchten Individuen viermal [Giacomini]) ein kleines Plättchen hyalinen Knorpels (von höchstens 2 mm Länge), welches eine leicht convexe Fläche der *Caruncula lacrymalis*, eine plane Fläche dem Bulbus zukehrt. Es ist dieser Knorpel, der von Giacomini zuerst bei zwei Negerinnen gefunden wurde, jedenfalls homolog dem ansehnlichen Knorpel, welcher bei verschiedenen Säugethieren kräftig entwickelt dem dritten Augenlide zur Stütze dient. Bei verschiedenen darauf untersuchten Affen fand ihn Giacomini, wie in den Fällen, wo er beim Menschen beobachtet wurde, gering entwickelt und auf die Basis der Semilunarfalte beschränkt. Auch eine kleine traubenförmige Drüse wurde hier und mehrfach auch beim Menschen am Grunde der halbmondförmigen Falte oder im Gebiet der *Caruncula lacrymalis* gefunden und von Giacomini als Rudiment einer Harder'schen Drüse gedeutet, welche letztere bei Säugethieren mit gut ausgebildetem dritten Augenlid im medialen (vorderen) Augenwinkel kräftig entwickelt ist und in Bau und Sekret der Thränendrüse sehr nahe steht. Endlich vermochte Giacomini beim Orang auch quergestreifte Muskelfasern sowohl zur Basis der *Plica semilunaris* als in die *Caruncula lacrymalis* zu verfolgen. Dieselben zweigen sich vom *M. rectus medialis* ab. Wahrscheinlich sind die von Waldeyer aus der *Caruncula lacrymalis* des Menschen erwähnten quergestreiften Muskelfasern aus derselben Quelle abzuleiten.

III. Conjunctiva bulbi.

Die *Conjunctiva bulbi* ist, soweit sie als *Conjunctiva sclerae* die Sclera überzieht, durch lockeres an elastischen Fasern reiches subconjunctivales Bindegewebe an derselben verschiebbar befestigt (vergl. oben S. 169 u. 170). Ihr Bindegewebe ist hier noch von Leukocyten reichlich durchsetzt und ohne papilläre Erhebungen. Im Umkreise der Hornhaut aber, im *Limbus conjunctivae* (*Annulus conjunctivae*) wird die Verbindung mit dem unterliegenden fibrösen Gewebe eine feste unverschiebliche. Ein gesondertes lockeres subconjunctivales Gewebe kann nun nicht mehr unterschieden werden. — Das Epithel der *Conjunctiva bulbi* zeichnet sich vor dem der Lid-*Conjunctiva* durch grössere Dicke und eine grössere Zahl von Schichten aus. Es gleicht in seinem Aufbau bereits dem Epithel an der vorderen Fläche der Hornhaut, in welches es unter allmählicher Verdünnung continuirlich übergeht. Dass dieses vordere Epithel der Hornhaut sowie das die capillaren Randschlingen tragende Bindegewebe der Hornhaut-Peripherie eine *Conjunctiva corneae* repräsentirt, ist schon oben (S. 149) erörtert worden. Ueber die Blutgefässe der *Conjunctiva bulbi* vergl. S. 213 u. 214. Die Lymphgefässe der *Conjunctiva bulbi* entstehen am Rande der Hornhaut aus einem feinen Netzwerk, welches etwa eine Zone von 1 mm Breite einnimmt und weiter nach aussen continuirlich in das weitmaschigere Lymphgefässnetz der *Conjunctiva scleroticae* übergeht. In dieser werden die Stämmchen bald stärker und verlaufen im Allgemeinen meridional, durch zahlreiche kurze dünne Querästchen unter einander verbunden. (Ueber die Beziehungen der Saftkanälchen der Hornhaut zu diesen Lymphwegen der *Conjunctiva*

vergl. oben S. 163). — Ueber die Nerven der Conjunctiva bulbi und ihre Endigungen s. Tastorgane S. 15–20.

Bei einigen Säugethieren (Rind, Ziege) sind von Meissner am Cornealrande eigenthümliche Knäueldrüsen (Knäueldrüsen des Limbus conjunctivae, Schweissdrüsen der Conjunctiva) entdeckt worden. Manz und Kleinschmidt haben dieselben genauer beschrieben. Sie finden sich nur am unteren medialen Rande der Hornhaut und gleichen sehr kleinen Schweissdrüsen, nur dass ihr Ausführungsgang unmittelbar vor der Ausmündung eine kolbenförmige Erweiterung besitzt.

Beim Schwein beschrieb Manz nach Flächenbildern des Limbus conjunctivae eigenthümliche kuglige mit feiner kreisförmiger Oeffnung mündende Drüsensäcke von 0,07–0,22 mm Dm. aus dem Gebiet des lateralen Hornhautrandes. Sie wurden von Stromeyer und Kleinschmidt anerkannt und in der Folge als Manz'sche Drüsen (*Cryptae mucosae conjunctivae*) aufgeführt. Während Stromeyer aber diese Gebilde auch bei anderen Säugethieren und beim Menschen zu finden glaubte, vermochte sie Kleinschmidt, wie Manz, nur beim Schwein nachzuweisen. Henle fand nur einmal beim Menschen in der Conjunctiva fornicis des unteren Augenlides den Manz'schen Drüsen ähnliche Gebilde.

Anhangsweise sei hier erwähnt, dass Meibom'sche Drüsen bei allen Säugethieren sich finden mit Ausnahme der Kameele (*Ricchiardi*) und Cetaceen.

Die Lidspalte zeigt vielfach Racen-Eigenthümlichkeiten. Am bekanntesten ist in dieser Beziehung die Configuration des Mongolen-Auges. Hier zieht im medialen Augenwinkel vom oberen Lide eine Hautfalte nach Art einer Epicanthus-Bildung über das untere hin und bedingt die bekannte Schiefstellung der Lidspalte. Ein geringerer Grad dieser Bildung ist häufig genug bei Indo-Europäern wahrzunehmen. Auch die Plica semilunaris oder das rudimentäre Augenlid zeigt bei einzelnen Völkern eine verschiedene Entwicklung. Interessant ist, dass jene Falte bei Melanasiern eine sehr bedeutende Grösse erreicht (*Miklucho-Maclay*). Auf das Vorkommen eines besonderen Knorpels ist aber dieselbe hier nicht untersucht.

IV. Thränenapparat.

Der Thränenapparat besteht aus einer im lateralen Theile der Orbita unter dem Dach derselben gelegenen acinösen Drüse, der Thränendrüse (Fig. 111, 1 und 3), welche die Thränenflüssigkeit absondert und aus den die Thränen ableitenden Wegen, welche im medialen Augenwinkel mit den bei der Beschreibung des Lidrandes schon erwähnten Thränenpunkten (Fig. 111, 6 und 7) beginnen. Sie saugen die durch den Lidschlag über die vordere Fläche des Augapfels von lateralwärts nach medianwärts geführte Thränenflüssigkeit auf, die nun zunächst in zwei die Caruncula lacrymalis bogenförmig umgreifende Kanälchen, die Thränenkanälchen (*Canaliculi lacrymales*) (Fig. 111, 8 u. 9) gelangt und aus diesen in den Thränensack (*Saccus lacrymalis*) (Fig. 111, 11), welcher das obere blindgeschlossene

Ende eines weiteren Abzugskanales darstellt, nämlich des Thränennasenganges (Fig. 111, 12). Letzterer mündet in den unteren Nasengang (Fig. 111, 13).

Fig. 111.

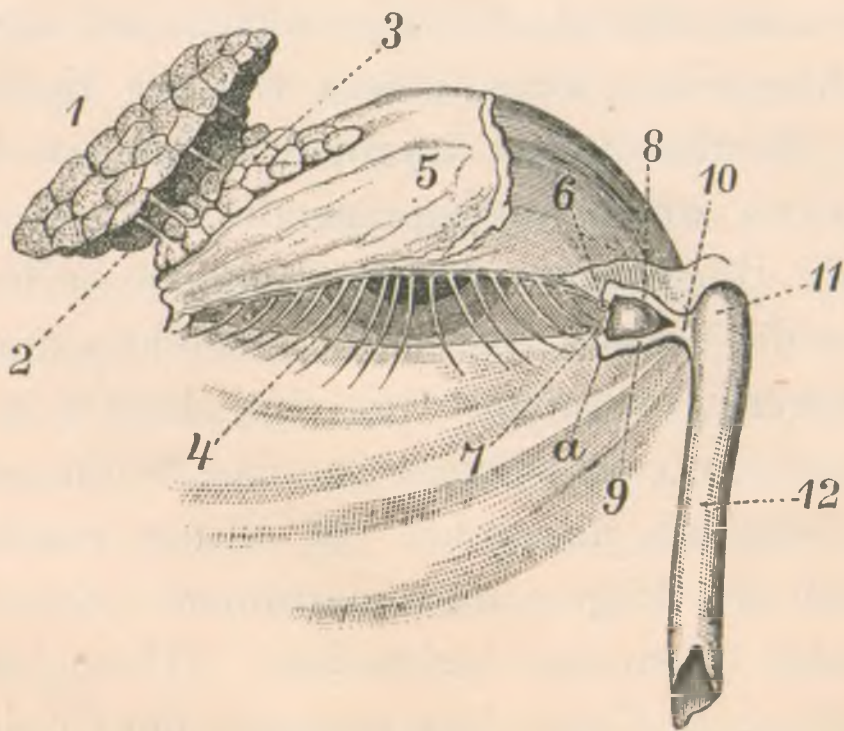


Fig. 111. Thränenapparat.

1, Obere Thränendrüse; 2, deren Ausführungsgänge; 3, Lappchen der unteren Thränendrüse; 4, Lidspalte; 5, oberes Lid, z. Thl. von Haut entblösst; 6, 7, Thränenpunkte; 8, 9, Thränenkanälchen; a, Ampulle des unteren Thränenkanälchens; 10, Sammelrohr; 11, Thränensack; 12, Thränennasengang; 13, dessen Mündung.

A) Die Thränendrüse, *Glandula lacrymalis*.

Die Thränendrüse liegt im lateralen vorderen und oberen Abschnitte der Augenhöhle. Durch die sehnige Ausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* wird sie in zwei an Grösse sehr verschiedene Abtheilungen getheilt: eine grössere compacte obere, die obere Thränendrüse (*Glandula lacrymalis superior* s. *innominata Galeni*; *Portio superior* s. *orbitalis* [Sappey]) (Fig. 111, 1) und eine kleinere aus locker geordneten Läppchen gebildete untere, die untere Thränendrüse (*Glandula lacrymalis inferior* s. *glandulae congregatae Monroi*; *Portio inferior* s. *palpebralis* [Sappey]) (Fig. 111, 3), welche unmittelbar über dem Fornix conjunctivae gelegen ist. Die compacte obere Drüse, von grauröthlicher Farbe, besitzt eine obere laterale (äussere) convexe Fläche, welche sich der Periorbita in der Fossa lacrymalis des Orbitaltheiles vom Stirnbein anschmiegt, und eine untere schwach concave Fläche, die zugleich etwas medianwärts gerichtet ist. Beide Flächen gehen im ganzen Umfange mittelst stumpfer Ränder oder Kanten in einander über. Der vordere Rand entspricht in seiner Lage ungefähr dem Margo supraorbitalis; der hintere Rand erreicht etwa die Grenze des ersten und zweiten Viertels der Orbitallänge, der laterale Rand steigt bis zur Gegend der lateralen Fascienzipfel-Insertion (vergl. oben S. 231), mit der er fester verbunden ist, herab, während der mediale Rand etwa bis zur Sagittalebene des lateralen Randes vom *M. rectus superior* vordringt. Die Drüse ist in transversaler Richtung ausgedehnter, als in sagittaler: in ersterer misst sie 20—25, in letzterer 12—14 mm. Der transversale Durchmesser ist aber nicht in einer horizontalen Ebene gelegen, sondern steigt von unten lateral nach oben medial schräg in die Höhe. Mit dem sie deckenden Theile der Periorbita ist die Drüse fast überall nur durch lockeres Bindegewebe verbunden. Nur am medialen Rande setzt sich das die Läppchen der Drüse umhüllende Bindegewebe, welches als Kapsel der Drüse bezeichnet werden kann, mit dem Periost des Supraorbitalrandes durch stärkere Faserzüge in Verbindung (*Ligamentum suspensorium glandulae lacrymalis* [Merkel]; *Lig. Soemmeringii*). Am lateralen Rande hängt die Kapsel fester an der lateralen Fascienzipfel-Insertion. Zum hinteren Rande biegt sich von hinten her, von der Innenfläche der Periorbita etwa in der Mitte der Orbitallänge sich ablösend, ein fibröses Blatt, das unter Spaltung am Drüsenrande in das obere und untere Kapsel-Bindegewebe continuirlich übergeht.

Die untere Thränendrüse (Fig. 111, 3) wird durch die Sehnenausbreitung des *M. levator palpebrae superioris* von der oberen getrennt; doch ist diese Trennung keine vollständige, da grössere und kleinere Lücken in jener Ausbreitung eine Verbindung zwischen beiden Drüsen ermöglichen. Die Läppchen der unteren Drüse sind lockerer angeordnet, liegen unmittelbar über dem lateralen Drittel des Fornix conjunctivae und reichen hier bis zum lateralen Augenwinkel herab; ihr vorderer Rand ist dem oberen Rande des Tarsus superior parallel, von demselben durch einen Zwischenraum von 4 bis 5 mm getrennt.

Sowohl die obere als die untere Thränendrüse besitzen mehrere Ausführungsgänge. Die der oberen Drüse (Fig. 111, 2) sind 3 bis 5 an Zahl (Sappey) und ziehen zwischen den Läppchen der unteren Drüse zum

Fornix conjunctivae, auf dessen Oberfläche sie 4 bis 5 mm vom Tarsalrande ihre Ausmündung finden; der am meisten lateral gelegene Gang hat das grösste Kaliber (bis 0,45 mm) und befindet sich in der Höhe des lateralen Augenwinkels; die anderen Mündungen reihen sich in unregelmässigen Abständen in einer dem oberen Tarsalrande parallelen Linie an. Während ihres Verlaufes durch die untere Drüse nehmen die Ausführungsgänge der oberen zahlreiche kleine Drüsengänge aus den Läppchen der unteren Drüse auf; letztere entwickelt aber ausserdem noch eine variable Zahl (3 bis 9) feiner selbstständiger Ausführungskanälchen, die sich unregelmässig zwischen den Ausführungsgängen der oberen Drüse vertheilen, besonders aber an der medialen oberen Seite derselben entwickelt sind.

Aus dem Verhalten der Ausführungsgänge der Thränendrüsen geht hervor, dass dieselben nicht eine einheitliche Drüse repräsentiren, sondern einer Gruppe räumlich zusammengedrängter Drüsen entsprechen, von denen die grösseren mit ihrem Drüsenkörper sich weiter von ihrem entwicklungsgeschichtlichen Ausgangspunkte, dem Epithel des Fornix conjunctivae entfernt haben und zur oberen Thränendrüse vereinigt sind, während andere von geringerer Entwicklung in der Nachbarschaft des Fornix geblieben sind und nebst Seitenläppchen der Ausführungsgänge der oberen Drüse die untere Thränendrüse bilden.

Die Wandungen der Ausführungsgänge bestehen aus einer bindegewebigen Grundlage mit äusseren circulären und inneren longitudinalen Fasern und einem einfachen Cylinderepithel. Die Thränendrüse selbst zeigt die Architektur der acinösen Drüsen; ihr feinerer Bau stimmt im Allgemeinen mit dem der Speicheldrüsen mit Eiweisszellen (der sogen. serösen Drüsen) überein, ähnelt also sehr dem der Parotis. Wie diese besitzt die Thränendrüse verhältnissmässig kleine Alveolen mit granulirten cylindrischen Zellen. Nach längerer Sekretion erleiden diese Zellen ganz analoge Veränderungen, wie die der Parotis unter denselben Bedingungen: sie werden kleiner, körniger und trüber, ihre Grenzen undeutlicher, ihre Kerne kuglig (Heidenhain, Reichel). Das System der Ausführungsgänge unterscheidet sich dagegen von dem der Parotis durch das gänzliche Fehlen des eigenthümlichen Stäbchenepithels (Heidenhain, Merkel). Während in der Parotis sich an die Alveolen zunächst Schaltstücke mit niedrigem Epithel, dann ein Abschnitt mit Stäbchenepithel anschliessen, welches in den grösseren Ausführungsgängen einem gewöhnlichen hellen Cylinderepithel Platz macht, folgt in der Thränendrüse auf verhältnissmässig lange Schaltstücke mit niedrigem Epithel gleich das helle Cylinderepithel der Ausführungsgänge (Merkel). Bemerkenswerth sind noch die feineren Texturverhältnisse der Membrana propria, welche die Alveolen der Thränendrüse abgrenzt. Sie ist mit sternförmigen anastomosirenden Verdickungen versehen, die eine Art Korbgerüst darstellen, dessen Maschenräume aber von den dünnen Stellen der Membrana propria vollständig ausgefüllt werden (Boll). In der Mitte der sternförmigen Verdickungen liegen die Kerne der Membran. Da die zarteren Theile der letzteren leicht übersehen werden, so hat es oft den Anschein, als habe man es mit einzelnen oder mit Gruppen sternförmiger Zellen zu thun. Ein Zusammenhang derselben mit den Zellen der Alveolen ist nicht nachzuweisen.

Bei den meisten Säugethieren (excl. Cetaceen und Affen) findet sich an der nasalen Seite des Augapfels unter der Conjunctiva der Nickhautbasis eine eigenthümliche Drüse, die Harter'sche Drüse, welche an der nasalen Seite des dritten Lides (der Nickhaut) mehr oder weniger weit zu deren freiem Rande sich vorschieben und eine knorplige Stütze von dem in

sie hineindringenden Nickhautknorpel erhalten kann (z. B. Schwein, Rind). Sie gehört zur Kategorie der acinösen Drüsen mit weiten Alveolengängen und ist um so mächtiger entwickelt, je geringer die Thränendrüse ausgebildet erscheint (Wendt). Ihr Bau ist nicht bei allen Säugethieren derselbe. Bei den Nagethieren gleicht sie einer grossen zusammengesetzten Talgdrüse, bei den Hufthieren entspricht sie dagegen im Allgemeinen dem feineren Bau der Thränendrüse (Wendt). Ueber die muthmasslichen Homologa dieser Drüse beim Menschen s. oben S. 251.

Thränendrüsen und Harder'sche Drüse leiten sich aus einem zunächst nur dem unteren Augenlid angehörigen Drüsencomplex ab (bei Triton), welcher sich von da auf den vorderen (medialen) und hinteren (lateralen) Augenwinkel und von letzterem auf das obere Lid ausdehnt (Sardemann). Der im medialen Augenwinkel befindliche Komplex entwickelt sich bei den Säugethieren zur Harder'schen Drüse, während die laterale obere Partie zu den eigentlichen Thränendrüsen sich gestaltet. Die Drüsen des unteren Augenlides erfahren eine bedeutende Reduction, sind aber als Glandulae acinosae subconjunctivales (s. oben S. 247) selbst noch beim Menschen nachzuweisen.

Als Nerv der Thränendrüse erweist sich bei Amphibien, Reptilien und Vögeln ein Zweig des zweiten Astes des Trigemini (Sardemann). Dass dieser zweite Ast des Trigemini auch bei den Säugethieren ein wesentlicher Sekretionsnerv der Thränendrüse ist, wurde bereits Neurologie S. 826 hervorgehoben.

B) Die Thränenkanälchen, Canaliculi lacrymales.

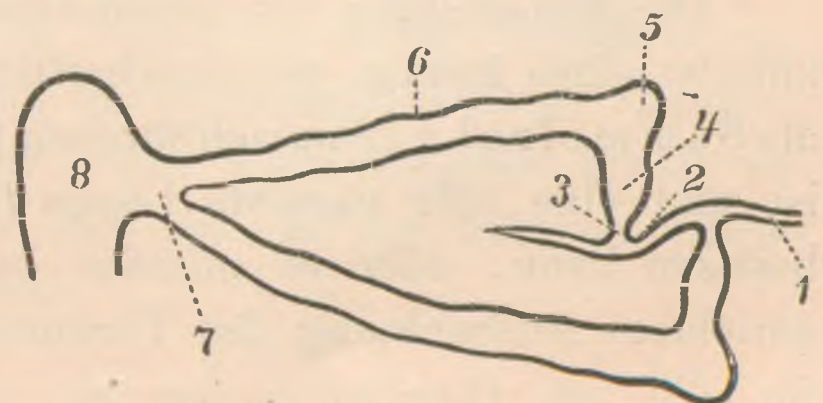
Die Thränenkanälchen beginnen mit den Puncta lacrymalia am Gipfel der Papillae lacrymales (vergl. Fig. 111). Die Thränenpapille des unteren Lides ist kürzer und breiter als die des oberen. Dem entsprechend ist die Mündung des unteren Thränenkanälchens etwas weiter als die des oberen, dessen grösster Durchmesser bis 0,25 mm betragen kann. Die Form des Lumens ist nicht rein kreisförmig, sondern in der Richtung von vorn nach hinten etwas abgeplattet. Die Entfernung der unteren Thränenpapille vom medialen Augenwinkel beträgt 6,5 mm, die der oberen nur 6 mm; daraus folgt, dass das untere Thränenkanälchen das obere an Länge etwas übertrifft, dass ferner bei geschlossenen Lidern die untere Thränenpapille sich lateralwärts von der oberen befindet (Merkel). Die Spitze der Thränenpapille ist an beiden Lidern etwas nach hinten gerichtet, sodass sie in die die Conjunctiva benetzende Flüssigkeitsschicht eintauchen (vergl. Fig. 108), im oberen selbstverständlich zugleich abwärts, im unteren aufwärts. Die Entfernung von der nächsten Meibom'schen Drüse beträgt 0,5 mm (Gerlach).

Der Verlauf der Thränenkanälchen entspricht zunächst den Hautfalten, welche in der Verlängerung des oberen und unteren Augenlides den Thränensee umgrenzen. Wo diese bogenförmig in einander übergehend den medialen Augenwinkel bilden, beginnen die Thränenkanälchen zu convergiren, um etwa hinter der Mitte des Lig. palpebrale mediale (des vorderen Schenkels desselben nach Henle und Merkel) sich mit dem Thränensack zu verbinden. Da nun die

Fig. 112.

Fig. 112. Längsschnitt durch die Thränenkanälchen und das obere Ende des Thränensacks von einem sechsmonatlichen menschlichen Embryo. Nach J. v. Gerlach. ^{13/1}.

1, Lidspalte; 2, Pars papillaris des Thränenkanälchens von der Papille bis zur Angustia; 3, Angustia; 4, horizontales, 5, vertikales Divertikel des Thränenkanälchens, zusammen die Ampulle bildend; 6, horizontales Stück des Thränenkanälchens; 7, Sammelrohr; 8, Thränensack.



Papillen mehr oder weniger senkrecht zum Lidrande vorspringen, so kann man an jedem Thränenkanälchen zunächst ein kürzeres vertikales und ein längeres horizontales Stück unterscheiden (Fig. 112), die bei Erwachsenen bogenförmig, ohne schärfere Knickung in einander übergehen, während bei Embryonen eine solche Knickung ausgeprägt ist (Gerlach). Das vertikale Stück des Thränenkanälchens verengert sich von dem 0,25 mm weiten Thränenpunkte (Fig. 112, 2) zunächst ziemlich rasch (innerhalb einer Strecke von 0,3–0,4 mm) bis auf 0,08–0,10 mm Lumen-Durchmesser. Es besitzt also dieser innerhalb der Papille gelegene Anfangs-Abschnitt des Thränenkanälchens, die Pars papillaris (Trichter [Foltz, Merkel]), eine trichterförmige Gestalt; die weitere Oeffnung des Trichters entspricht dem Punctum lacrymale, die Verengerung am entgegengesetzten Ende des Trichters etwa der Basis der Thränenpapille. Es ist dieselbe zugleich die engste Stelle des ganzen Thränenkanälchens (Angustia [Gerlach]) (Fig. 112, 3). Der nun folgende Abschnitt des vertikalen Stückes ist durch eine ansehnliche Erweiterung ausgezeichnet und geht in einem lateralwärts und nach oben convexen Bogen in das horizontale Stück über. Die Weite des Lumens innerhalb dieses Bogenstückes erhält noch durch die Entwicklung zweier Divertikel von der convexen Seite des Bogens aus einen bedeutenden Zuwachs. Der erste dieser kleinen Blindsäcke (horizontales Divertikel [Heinlein, Gerlach]) (Fig. 112, 4) liegt gleich hinter der Angustia und ist lateralwärts gerichtet, der zweite (vertikales Divertikel [Heinlein, Gerlach]) (Fig. 112, 5), durch eine Kerbe von ihm getrennt, im oberen Lide nach oben, im unteren nach unten gewendet, entspricht der Grenze zwischen dem vertikalen und horizontalen Stücke, der ursprünglichen Knickungsstelle des Kanälchens. Das ganze Gebiet der beiden Divertikel, welche erst an mikroskopischen Schnitten als zwei getrennte auseinander gehalten werden können, erscheint bei makroskopischer Betrachtung als eine einheitliche ampullenförmige von der Convexität der Krümmung ausgehende Erweiterung (Ampulla [Sappey]; Trichter, Infundibulum [Heinlein]) von 1,5 mm Länge und 1 mm Weite (Fig. 111, a). Auf diese Ampulle folgt nun das ungleich längere (6–7 mm) horizontale Stück, dessen Lumen ganz allmählig von der Ampulle bis zur Einmündung in das Sammelrohr sich auf 0,3 mm verengt. Die Wandungen dieses Kanälchen-Abschnittes zeigen besonders deutlich an der dem Thränensee abgekehrten Seite seichte schräg zur Längsaxe des Kanälchens gestellte Ausbuchtungen. An Corrosions-Präparaten erscheint dem entsprechend die injicirte Masse an ihrer Oberfläche mit niedrigen schrägen Wülsten versehen, welche den Eindruck einer Spiraldrehung der injicirten Masse hervorrufen (Hyrtl). Ein zusammenhängender spiraler Saum oder Kamm aber, wie ihn Hyrtl zur Erklärung dieses Bildes annimmt, lässt sich nicht nachweisen; eine spiralige Klappe erkennt selbst Hyrtl nicht an.

Die Einmündung der Thränenkanälchen in den Thränensack findet entweder mittelst eines kurzen gemeinschaftlichen Kanalstückes statt, das von Gerlach als Sammelrohr (Sammelröhrchen [Heinlein]) (Fig. 112, 7) bezeichnet worden ist und eine sehr variable Länge (0,8 bis 2,2 mm nach Gerlach) und Weite besitzen kann, oder es münden beide Kanälchen getrennt in eine lateralwärts gerichtete Ausbuchtung des Thränensackes (Maier'scher Sinus [Bochdalek]), für die von Gerlach, der sie nicht unterscheidet, ebenfalls der Ausdruck

„Sammelrohr“ in Anwendung gebracht wird. Da nun eine derartige Ausbuchtung am nicht erhärteten aufgeschnittenen Thränensack kaum in die Augen fällt, so scheinen in diesem Falle beide Kanälchen getrennt in den Thränensack selbst einzumünden. Bezeichnet man aber mit Heinlein und Gerlach *) diesen Sinus auch als Sammelrohr, so gelangt man zu der Ansicht, dass eine getrennte Einmündung der beiden Canaliculi lacrymales überhaupt nicht statt finde, sondern stets zuvor eine Vereinigung derselben zu einem einzigen Kanalstück. Es entspricht diese Auffassung der thatsächlichen Verhältnisse der Ansicht der französischen Forscher seit Malgaigne, die besonders in Sappey ihren Hauptvertreter gefunden hat. Andererseits ist es ebenso berechtigt, den Maier'schen Sinus als einen Theil des Thränensackes zu bezeichnen. Bei dieser Auffassung münden im Einklang mit den Angaben der Mehrzahl der deutschen Anatomen beide Thränenkanälchen entweder getrennt in den Thränensack ein (nämlich in den Maier'schen Sinus) oder mittelst eines kurzen gemeinschaftlichen Kanalstückes (eines wahren Sammelrohres), das selbst wieder eine sehr variable Länge besitzen kann. Jedenfalls ist die Art der Einmündung der Thränenkanälchen innerhalb der angegebenen Grenzen sehr variabel. Aus diesem Grunde weichen auch die Angaben über die Häufigkeit der beiden Formen, unter denen die Einmündung statt finden kann, sehr von einander ab. Ich möchte mich der Meinung der Forscher (z. B. Rosenmüller, Huschke, Merkel), welche eine getrennte Mündung der Thränenkanälchen als die häufigere Form bezeichnen, anschliessen, allerdings mit der aus Vorstehendem leicht verständlichen Modification, dass die Einmündung in eine Ausbuchtung des Thränensackes (Sinus Maieri) erfolge, eine Ausbuchtung, welche von Heinlein und Gerlach ebenfalls als Sammelrohr bezeichnet worden ist. Vor ihrer Einmündung schieben sich dann zuweilen die Endstücke beider Thränenkanälchen der Art an einander vorbei, dass die Mündung des oberen Canaliculus sich etwas nach hinten und unten von der Mündung des unteren Kanälchens findet. — Aber auch in den Fällen, in welchen ein schärfer abgegrenztes Kanalstück unterschieden werden kann, gehört dies mehr dem Thränensack, als den Kanälchen selbst an. Denn das Sammelrohr Gerlach's liegt bereits innerhalb des die Thränengrube enthaltenden Raumes, der durch die von der Crista lacrymalis anterior zur posterior herüber gespannte Periostlamelle gegen die übrige Orbita abgekapselt ist. Die Thränenkanälchen durchbohren getrennt die derbe fibröse Verstärkung jenes Periosts, die von Henle als hinterer Schenkel des Lig. palpebrale mediale bezeichnet wird, treten also erst innerhalb desselben Raumes, der auch den Thränensack birgt, zusammen und entbehren demnach wie dieser jeglicher muskulöser Bekleidung. — Auch die vergleichende Anatomie spricht für die vorgetragene Auffassung; sie kennt kein Sammelrohr. Die Thränenkanälchen der Säugethiere münden getrennt in den erweiterten und etwa in derselben Richtung verlaufenden Anfangstheil des Thränennasenkanals, der dem Thränensack des Menschen entspricht (vergl. Walzberg). Die Vereinigung des Sammelrohrs bzw. Maier'schen Sinus mit dem Thränensack im engeren Sinne findet ungefähr hinter der Mitte des eigentlichen Lig. palpebrale mediale statt, also an der lateralen Fläche des Thränensackes unter der Kuppel desselben.

*) (Vergl. besonders Fig. 5 von Heinlein, Flg. 1 Tafel I von Gerlach).

Die Wandung der Thränenkanälchen besteht von innen nach aussen: 1) aus einem das Lumen begrenzenden Epithel, 2) aus einer Tunica propria und 3) aus einer Schicht quergestreifter Muskelfasern. Das Epithel ist ein geschichtetes Pflasterepithel von 120—130 μ Dicke, aus 10—12 Schichten über einander liegender Zellen bestehend; seine der bindegewebigen Propria aufsitzenden tiefsten Zellen sind cylindrisch, wie in der Epidermis; darauf folgen mehrere Schichten isodiametrischer Zellen; die Zellen der oberflächlichsten Lagen sind mehr oder weniger abgeplattet, um so mehr, je oberflächlicher sie liegen. Die bindegewebige Tunica propria von 60 μ Dm ist durch ihren grossen Reichthum an elastischen Fasernetzen ausgezeichnet, die vorwiegend eine circuläre Anordnung erkennen lassen; zellige Elemente sind besonders reichlich in der Nachbarschaft des Epithels eingelagert; unmittelbar unter dem letzteren zeigt sich die bindegewebige Propria zu einer Basalmembran verdichtet, deren Oberfläche mit einer feinen Zähnelung versehen ist. Dem Reichthum an elastischen Fasern verdanken die Thränenkanälchen ihre grosse Ausdehnungsfähigkeit; sie lassen sich bis auf 1 $\frac{1}{2}$ mm Lumen-Weite künstlich dilatiren. Es ist klar, dass in diesem Zustande das Epithel niedriger werden muss, wie in allen Organen von wechselndem Volum z. B. in der Blase bei deren Erweiterung. — Einen etwas abweichenden Bau zeigt die bindegewebige Grundlage innerhalb der Pars papillaris: sie besteht hier aus einem ähnlichen festen Bindegewebe, wie das Gewebe des Tarsus, mit welchem dasselbe continuirlich ist. — Die Tunica propria der Thränenkanälchen wird endlich aussen von quergestreiften Muskelfasern umhüllt, die dem M. orbicularis oculi angehören. Durch Bindegewebszüge, die von der Propria ausgehen und ebenfalls an elastischen Fasern reich sind, werden sie in grössere und kleinere Bündel gesondert. Im horizontalen Abschnitt haben diese Muskelfasern einen longitudinalen Verlauf parallel zur Längsaxe des Thränenkanälchens oder leicht spiralg gedreht dasselbe begleitend (Krehbiel). Im vertikalen Stück umgreifen die dem Lidrande parallel verlaufenden Muskelbündel von beiden Seiten das Kanälchen senkrecht zu dessen Längsaxe und tauschen dabei schlingenförmig Fasern aus, sodass eine circuläre Anordnung der Muskelfasern für dies Anfangsgebiet der Thränenkanälchen charakteristisch ist. Die Muskelfasern treten schon innerhalb der Pars papillaris, aber nur an der vorderen Fläche derselben, auf; erst von der Angustia an ziehen Fasern auch auf der hinteren Seite des Kanälchens vorbei (Gerlach). Wenn auch diese Fasern keine rein circuläre Anordnung besitzen, da sie nur ein Theil der dem Lidrande parallelen Muskelbündel sind, so nehmen sie doch, indem Fasern der vorderen Bündel nach hinten, der hinteren nach vorn verlaufen, das Kanälchen zwischen sich wie in eine Schlinge und müssen jedenfalls wegen dieser Anordnung bei ihrer Contraction eine Verengerung desselben hervorrufen, sie stellen also im physiologischen Sinne einen Sphincter dar (Merkel, Walzberg). Die quergestreifte Muskulatur der Umgebung der Thränenkanälchen ist ein Theil desjenigen Abschnittes vom Musc. orbicularis oculi, welcher in wechselnder Ausdehnung von der Crista lacrymalis posterior und hinter derselben am Thränenbein in zwei Schichten (Krehbiel) seinen Ursprung nimmt und gewöhnlich als Horner'scher Muskel (M. Horneri, M. sacci lacrymalis) oder M. lacrymalis posterior [Henke]) (Fig. 113, A u. B, 4) bezeichnet wird. Die vordere Schicht greift mit ihrem Ursprung mehr oder weniger weit auf den hinteren

Fig. 113.

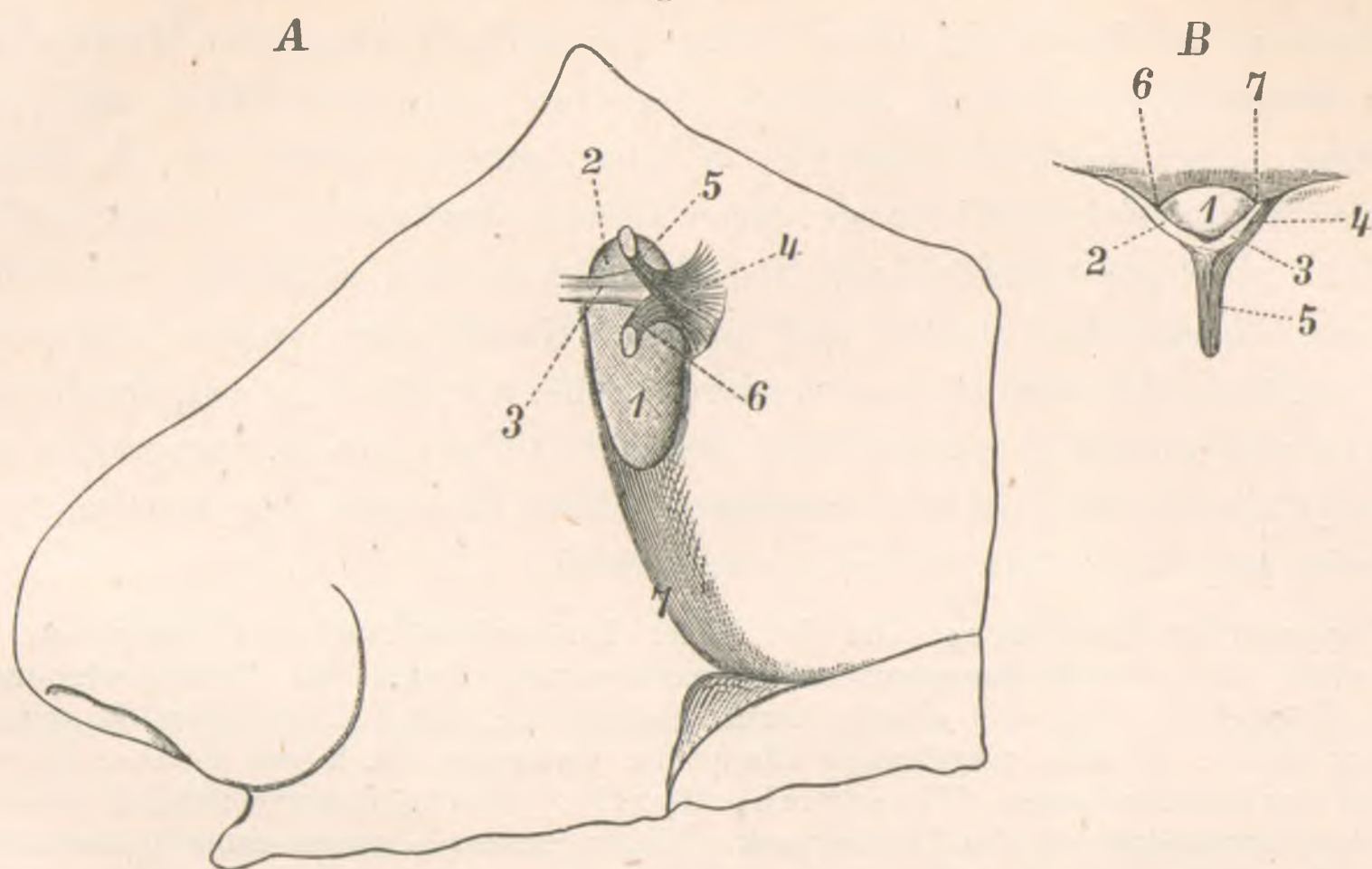


Fig. 113. Injicirter Thränensack, Ligamentum palpebrale mediale und Ursprung des *Musc. lacrymalis posterior* s. *Horneri*.

A. Seitliche Ansicht des Thränensacks. Die Augenhöhle ist von lateralwärts eröffnet und ihr Inhalt entfernt. 1, Thränensack, durch Injection ausgedehnt; 2, Fundus des Thränensacks; 3, vorderer Schenkel des *Lig. palpebrale mediale*; 4, Ursprung des *M. lacrymalis posterior*, hintere Schicht, sich spaltend in den Bestandtheil für das obere Lid (5) und für das untere Lid (6); letztere Bündel enthalten die Thränenkanälchen; 7, *Margo infraorbitalis*.

B. Durchschnitt durch den Thränensack in der Höhe des *Ligamentum palpebrale mediale*. 1, Thränensack; 2, vorderer, 3, hinterer Schenkel des *Lig. palpebrale mediale*; 4, *M. lacrymalis posterior*, 5, dessen Bündel zum oberen Lid; 6, *Crista lacrymalis anterior*; 7, *Crista lacrymalis posterior*.

Schenkel des *Lig. palpebrale mediale*, welcher den Thränensack deckt, über. Von ihrem 10 bis 11 mm hohen, 2—3 mm breitem Ursprungsgebiet ziehen die Faserbündel des *M. lacrymalis posterior* zunächst nach vorn und lateralwärts längs der lateralen Fläche (Aussenfläche) des hinteren Schenkels des *Lig. palpebrale mediale* (Fig. 113 B, 3). Während dieses Verlaufes verschmälert sich die vertikal gestellte Muskelplatte des *M. lacrymalis posterior* auf die Hälfte der Ursprungsbreite (Fig. 113 A, 4), um hinter der Vereinigungsstelle des vorderen und hinteren Schenkels vom *Lig. palpebrale mediale* rein lateralwärts unter partieller Durchflechtung und Durchkreuzung (Krehbiel) seiner Bündel umzubiegen und sich zum Tarsaltheile des oberen und unteren Lides zu begeben. Die für das obere Lid bestimmten Bündel entstammen grössten Theils der hinteren Ursprungsschicht, die dem unteren Lide zufließenden der vorderen (Krehbiel). Dabei haben die Muskelfasern zunächst das den Thränensee umgebende Lidgebiet zu betreten, welches durch einen aus dem vorderen Schenkel des *Lig. palpebrale mediale* entspringenden schmalen derben Bindegewebsstreifen nahe seinem freien Rande gestützt wird; letzterer geht lateralwärts continuirlich in das feste Bindegewebe der *Pars papillaris* des Thränenkanälchens und sodann in das des Tarsus über. Oberhalb dieses verbindenden fibrösen Streifens am oberen, unterhalb am unteren Lide, verlaufen die horizontalen Abschnitte der Thränenkanälchen, umgeben von den sich hier hervordrängenden Muskelfasern des *M. lacrymalis posterior*, die demnach einen Mantel longitudinaler oder schräger Fasern um das Kanälchen herum bilden. Im Tarsalgebiete des Lides angelangt, zieht a) ein kleiner Theil der Fasern am Lidrande, besonders an der hinteren Lidkante und zum Theil noch subconjunctival entlang, den oben

(S. 241) erwähnten *M. ciliaris* Riolani der inneren Lidkante bildend. Dies Bündel ist es, welches in ähnlicher Weise, wie es die Anfänge der Meibom'schen Drüsen umgreift, auch den analog gelagerten vertikalen Theil des Thränenkanälchens einschliesst (s. oben *). b) Der grössere Theil des *M. lacrymalis posterior* breitet sich auf der vorderen Fläche des oberen und unteren Tarsus aus, reicht aber zur vollständigen Bedeckung desselben nicht aus, wird vielmehr nahe dem oberen des oberen und unteren Rande des unteren Tarsus durch Bündel ergänzt, die bereits vom vorderen Schenkel des *Lig. palpebrale mediale* und zwar von dessen hinterer Fläche kommen (Theil des *M. lacrymalis anterior* von Henke). Beide Portionen zusammen bilden demnach den tarsalen Abschnitt der *Portio palpebralis* des *M. orbicularis oculi*.

Klappenartige Vorrichtungen im Gebiet der Thränenkanälchen sind beschrieben: 1) von Bochdalek ein vom Thränenpunkt aus „trichterförmig gegen das Thränenröhrchen eingesunkenes Kläppchen, das von einem kaum nadelspitziggrossen Löchelchen in seiner Mitte durchbohrt wird“; 2) eine ringförmige Klappe im vertikalen Stück von Foltz; 3) spiralförmige Falten im horizontalen Stück (Vlacovich, Hyrtl); 4) Klappen Vorrichtungen verschiedener Art an der Einmündung in den Thränensack. Ueber letztere s. unten unter Thränensack, über Hyrtl's Spiralfalte oben S. 256. Foltz' Klappe ist nichts weiter wie die Verengerung an der *Angustia*. Bochdalek's Klappe vermochte ich ebenso wenig wie Merkel aufzufinden.

Die *Papillae lacrymales* variiren in Betreff ihrer Höhe und der Weite des *Punctum lacrymale*. Letzteres fand Bochdalek zuweilen am inneren Abhange der Papille, ja einmal sogar auf deren vorderer Seite. — Zwei Thränenpunkte auf einer Papille und entsprechende Verdoppelung der Thränenröhrchen sind von Graefe, Foltz, Weber und Bochdalek beschrieben worden und zwar viermal am unteren, zweimal am oberen Augenlide. Bochdalek beobachtete sogar in einem Falle (oberes Lid) einen dritten Thränenpunkt an der medialen oberen Seite der *Caruncula lacrymalis*. — Ein Fehlen des Thränenpunktes und des dazu gehörigen Ganges beobachtete Magnus einmal am unteren Lide.

C) Der Thränengang, *Ductus lacrymalis* (*Thränenschlauch*).

Der Thränengang besteht aus einer in der *Fossa lacrymalis* des medialen Orbitalwinkels eingelagerten oberen Abtheilung, dem Thränensack, und aus einer unteren Abtheilung, dem Thränennasengang, welche unterhalb der unteren Muschel in die Nasenhöhle mündet.

I. Der orbitale Theil des Thränenganges oder der Thränensack (*Saccus lacrymalis*). (Fig. 113, A und B).

Er liegt innerhalb der *Fossa lacrymalis*; gegen die Augenhöhle wird er zunächst durch die Periostbrücke abgegrenzt, welche sich von der *Crista lacrymalis posterior* zur *Cr. lacrymalis anterior* hinüberspannt und die Thränengrube in ein Kanalstück umwandelt. Eine dünnere Periostauskleidung gehört der Oberfläche der *Fossa sacci lacrymalis* selbst an, sodass also der Thränensack rings von einer fibrösen periostalen Schicht umgrenzt wird, die mit der nach innen gelegenen eigentlichen Schleimhaut meist nur durch lockeres Bindegewebe verbunden ist. Daraus folgt, dass sich die Schleimhautwand des Thränensackes mehr oder weniger leicht aus der äusseren periostalen Wand herauschälen lässt.

*) Nach Gerlach stammt dies Bündel nicht aus dem Horner'schen Muskel, sondern vom vorderen Schenkel des *Lig. palpebrale mediale*, also vom *M. lacrymalis anterior* von Henke.

Der vom Periost in der beschriebenen Weise abgekapselte Raum ist etwa 15 mm lang, während sein sagittaler Durchmesser 7, sein transversaler Durchmesser nur 4—5 mm misst; es entsprechen diese Dimensionen unter Abzug der geringen Wandungsdicke im Allgemeinen den Dimensionen des Thränensackes. Die Gestalt des letzteren ist ebenfalls durch die der knöchernen Thränengrube bedingt; wie letztere verjüngt sich der Thränensack an beiden Enden, etwas mehr am oberen blindgeschlossenen Ende, das den Namen *Fundus sacculacrymalis* (Fig. 113, A, 2) erhalten hat, während das weniger verjüngte untere Ende continuirlich in den Thränennasengang übergeht. Aus den eben mitgetheilten Dimensionen geht hervor, dass der Thränensack seitlich comprimirt ist. Man kann an ihm eine innere in der knöchernen Thränengrube ruhende und eine äussere durch die erwähnte Periostbrücke gegen den Inhalt der Orbita abgegrenzte Fläche unterscheiden (vergl. Fig. 113 B). Bei Injectionen in den Kanal wölbt sich letztere Fläche soweit hervor, als es die Dehnbarkeit der Periostbrücke gestattet; im leeren Zustande des Kanals steht dagegen die äussere Fläche nahezu sagittal. Sie wird ferner durch die eigenthümliche Verbindung ihrer Periostbekleidung mit dem Lig. palpebrale mediale in eine vordere und hintere Hälfte zerlegt. Wie früher erörtert wurde, brückt sich jenes Band, das man als eine Ursprungssehne des Musc. orbicularis oculi bezeichnen muss, vom Stirnfortsatz des Oberkiefers zur Crista lacrymalis posterior herüber. Etwa von der Mitte seiner Länge geht lateralwärts ein Sehnenstreifen ab, der sich alsbald in einen etwas stärkeren Bestandtheil für das untere Lid, in einen schwächeren für das obere Lid theilt (über die Verbindungen dieser Zipfel mit den Tarsis s. oben S. 239). Der vor der Lidverbindung gelegene Theil des Lig. palpebrale mediale ist dessen vorderer Schenkel, der nach hinten davon gelegene breitere zur Crista lacrymalis posterior ziehende, der hintere Schenkel des Lig. palp. mediale (Henle). Unmittelbar hinter der Abgangsstelle des Tarsalzipfels durchbohren die Thränenkanälchen den hinteren Schenkel des Lig. palpebrale mediale, um etwa 2—2½ mm unterhalb des Fundus des Thränensacks in letzteren einzumünden. Der vordere Schenkel des Lig. palpebrale mediale ist längs seines oberen Randes fester mit der periostalen Hülle des Thränensacks verwachsen als der breitere hintere Schenkel. Ueber den oberen Rand des ersteren ragt der Thränensack im injicirten Zustande noch 2—3 mm weit hervor (Fig. 113, A, 2).

Die innere Oberfläche der Thränensack-Schleimhaut zeigt an den einzelnen Stellen ein individuell wechselndes Verhalten.

1) Es finden sich zuweilen Ausbuchtungen (*Sinus*) an bestimmten Stellen des Thränensacks. Solche sind beschrieben: a) an der Einmündungsstelle der Thränenröhrchen (sog. Maier'scher Sinus s. oben S. 256); b) am unteren Ende des Thränensacks eine nach vorn lateralwärts gerichtete Ausbuchtung, von Arlt erwähnt (Arlt'scher Sinus oder Recessus); sie ist aber nicht constant, sondern nur bei stärkerer Ausbildung einer Falte am unteren Ende des Thränensackes deutlich ausgeprägt.

2) Man hat eine Anzahl von Falten beschrieben, welche in das Innere des Thränensackes vorspringen und dieselben zum Theil als Klappen bezeichnet. Letztere Bezeichnung ist indessen nicht gerechtfertigt, da man es hier mit äusserst variablen Gebilden zu thun hat, die, falls sie überhaupt vorkommen, die

Oeffnungen, in deren Nähe sie sich finden, nicht vollständig verlegen können. Es kommen hier folgende Bildungen in Betracht:

a) Faltenbildungen in der Umgebung der Mündung der Thränenkanälchen. Münden dieselben mittelst eines kurzen Sammelrohres ein (s. oben), so ist dies an seiner Einmündung in den Thränensack im einfachsten Falle von einer Art Ringwulst umgeben (Merkel). Der Wulst kann aber auch an verschiedenen Stellen unterbrochen sein. Fehlt er oberhalb der Einmündung, so münden die Kanälchen in eine laterale Ausbuchtung des Thränensackes, den bereits öfter erwähnten Maier'schen Sinus, der dann an seinem unteren Rande durch eine Schleimhautfalte mit nach oben gerichtetem freien Rande (*Valvula lacrymalis superior* von Béraud, Arnold'sche Falte) schärfer abgegrenzt sein kann. Es kann aber auch umgekehrt der obere Theil des Wulstes erhalten bleiben, der untere fehlen, sodass eine mit ihrem freien Rande abwärts gerichtete Falte (Rosenmüller'sche Falte) gefunden wird, oder es haben sich die seitlichen Theile erhalten und begrenzen einen verticalen Spalt (Foltz). Auch kleine knötchenförmige Erhebungen der Schleimhaut in der Umgebung der Thränenröhrchen-Mündung, bald direkt sich erhebend (Béraud), bald dem Rande einer Falte ansitzend (Foltz) kommen zuweilen vor. Sie wurden den Noduli Arantii der Semilunarklappen verglichen, sind aber vermuthlich pathologische Bildungen.

b) Eine Verengerung des Thränensackes bei seinem Uebergang in den Thränennasengang, also an seinem unteren Ende, wird häufig durch eine vorn lateral entstehende Periostverdickung zu Stande gebracht (Maier, Henle). Eine solche Periostverdickung bedingt natürlich eine entsprechende Hervorwölbung der Schleimhaut. Zuweilen ist eine wirkliche Schleimhautfalte vorhanden (*Valvula sacci lacrymalis inferior* von Béraud; sog. Krause'sche Klappe); dieselbe ist dann schief gestellt und wendet ihren freien Rand nach oben; sie kann je nach dem Grade ihrer Ausbildung den Eingang in den Thränennasengang mehr oder weniger verlegen (Bochdalek).

c) Niedrige schräge Falten kommen in selteneren Fällen auch zwischen den unter a und b beschriebenen Faltenbildungen besonders an der lateralen Wand des Thränensackes vor. Hyrtl deutet dieselben mit der sog. *Valvula inferior* zusammen als Theile einer Spiralfalte.

d) Endlich findet man zuweilen Trabekel, welche frei das Lumen des Thränensacks durchziehen können (Bochdalek).

II. Der Thränennasengang (*Ductus naso-lacrymalis*; nasale Portion des Thränengangs).

Er ist grösstentheils von knöchernen Wandungen eingeschlossen, welche, wie die Osteologie lehrt, lateralwärts, vorn und hinten vom Oberkiefer gebildet, an der medialen Fläche überdies durch Theile des Thränenbeins und der unteren Muschel vervollständigt werden. Der häutige Thränennasengang reicht aber gewöhnlich nach unten noch mehr oder weniger weit über die Mündung des knöchernen *Ductus naso-lacrymalis* herab, ist also in dieser an Länge variablen Partie nur lateralwärts von Knochen getragen, medianwärts nur von der Nasenschleimhaut gedeckt. Da nun dies gewissermassen in die Nasenschleimhaut eingegrabene Mündungsstück des Thränennasenkanals so sehr an Länge variirt,

so folgt daraus, dass der gesammte Kanal ebenfalls eine individuell verschiedene Länge besitzen wird. Dieselbe variirt zwischen 12 und 24 mm. Die Weite des Kanals, dessen Lumen mehr oder weniger kreisförmig mit geringer seitlicher Abplattung erscheint, misst 3 bis 4 mm im Durchmesser, etwas weniger oben an seiner Uebergangsstelle zum Thränensack. In denjenigen Fällen, in welchen die untere Mündung tiefer als die des knöchernen Kanales sich befindet, in welchen also ein in der Schleimhaut der Nasenhöhle eingegrabener Endabschnitt existirt, ist dieser wieder mit engerem Lumen versehen. Der Kanal verläuft mit leicht nach vorn convexem Bogen von oben und vorn schräg nach unten und hinten, einen Winkel von ungefähr 70° mit der Horizontalebene bildend. Dabei ist die Verlaufsrichtung nahezu parallel der Medianebene; aus dem Thränensack dagegen, der schräg lateral abwärts geneigt ist, geht der Kanal unter einer geringen nach

Fig. 114.

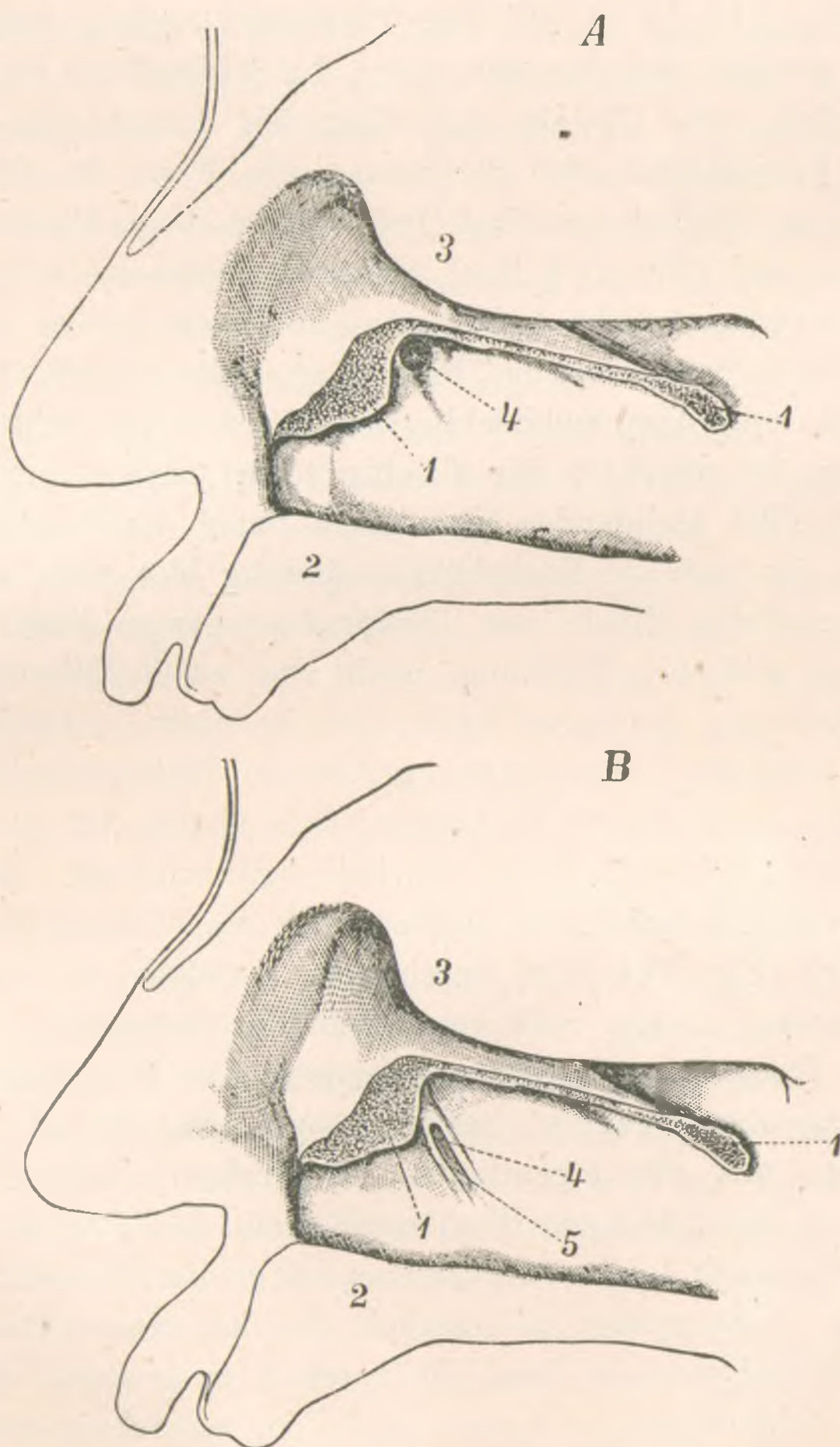


Fig. 114. A und B. Laterale Wand der Nasenhöhle von innen gesehen, nach Entfernung der unteren Muschel, um die Ausmündung des Thränennasenganges zu zeigen. Von 1 bis 1, Insertionsfläche der abgeschnittenen unteren Muschel; 2, Oberkiefer; 3, mittlere Muschel; 4, Ausmündung des Thränennasenganges, dessen Länge in A kaum grösser als die des knöchernen erscheint. In A weite kreisförmige Mündung. In B besitzt der Kanal noch ein unter der Schleimhaut gelegenes Stück, dessen dünne Decke als Hasner'sche Klappe beschrieben wurde. 5, Sulcus lacrymalis.

aussen convexen Biegung hervor. Wenn überhaupt im eigentlichen Kanale eine Biegung ausser der nach vorn convexen ausgesprochen ist, so ist dies eine schwach nach aussen convexe, worin ich Merkel gegen Henle beistimme. Uebrigens kommen auch in dieser Beziehung zweifellos individuelle Verschiedenheiten vor (Bochdalek). Der Thränennasengang zieht überdies an der lateralen Seite der vordersten Ausbuchtung der Kieferhöhle herab und bedingt eine wulstige Auftreibung dieses Abschnittes der lateralen Wand derselben.

Die Mündung des Thränennasenganges in die Nasenhöhle findet sich unterhalb des angehefteten Randes der unteren Muschel, also im Gebiet des unteren Nasenganges, etwa 30 bis 35 mm nach hinten vom hinteren Rande des Nasenloches (Arlt) und etwa der Grenze zwischen dem vordersten und zweiten Viertel der Länge der Concha inferior entsprechend. Die Art der Ausmündung ist äusserst variabel: 1) Der Thränennasengang besitzt nur die Länge des knöchernen Ductus lacrymalis und mündet dann mit diesem mittelst weiter scharfrandiger Oeffnung aus (Fig. 114, A, 4). 2) Der Thränennasengang setzt sich noch eine an Ausdehnung variable Strecke weit unter der Schleimhaut der lateralen Wand der Nasenhöhle fort. Die Gestalt und Weite der Ausmündung kann in diesem Falle wiederum Verschiedenheiten darbieten. Die Form der Oeffnung erscheint bald als ein nahezu vertikal gestelltes Oval, dessen oberer Rand und Seitenränder scharf geschnitten sind (Fig. 114, B, 4), während der untere allmählig im Niveau der Nasenschleimhaut verstreicht, bald nur als ein feiner kurzer vertikaler Schlitz, der zuweilen erst beim Sondiren vom Thränengange aus aufgefunden werden kann, weil seine Ränder innig aneinanderschliessen, überdies von Schleim bedeckt sind. In anderen Fällen ist unterhalb der allseitig scharf umgrenzten ovalen Oeffnung noch ein kurzes blind endigendes Kanalstück unter der Nasenschleimhaut ausgegraben, sodass demnach die Nasenhöhlenmündung hier nicht am unteren Ende, sondern an der medialen Fläche des Thränennasenganges liegt. Seltener findet sich ausser dieser seitlichen Oeffnung noch eine zweite Mündung am unteren Ende, wie Walzberg in einem Falle, ich in einem anderen zu constatiren vermochte. Es verdienen diese letzteren seltenen Fälle deshalb besondere Beachtung, weil sie an constante Vorkommnisse analoger Art bei einigen Säugthieren (beim Hund, Schwein nach Walzberg) erinnern. An die Mündung des Thränennasenganges kann sich endlich noch eine Furche (Sulcus lacrymalis von Bochdalek) (Fig. 114 B, 5) anschliessen, welche in einem sanften nach hinten unten convexen Bogen nach vorn allmählig verstreicht.

Feinerer Bau des Thränenganges. Die Wandungen des Thränensackes und Thränennasenganges bestehen aus dem Periost der knöchernen Begrenzungen und aus der eigentlichen Schleimhaut, welche im Gebiet des Thränensackes nur durch lockeres Bindegewebe mit dem Periost zusammenhängt, so dass der Thränensack leicht im Zusammenhange herauszuschälen ist (s. oben S. 260). Weniger leicht gelingt es innerhalb des knöchernen Canalis naso-lacrymalis, Periost und Schleimhaut durch Präparation zu trennen. Eine Abgrenzung von Periost und Schleimhaut wird aber auch hier an Schnittpräparaten dadurch ermöglicht, dass das beide verbindende Gewebe von zahlreichen, ein dichtes Geflecht bildenden verhältnissmässig weiten Venen (0,6 mm Dm [Walzberg]) durchsetzt wird. Es ist dieser Venenplexus eine Fortsetzung des entsprechenden der unteren Muschel (s. S. 67), eine Art cavernösen Gewebes, das nach Henle's

Annahme für gewöhnlich mit Blut gefüllt ist und dadurch eine Schwellung der Schleimhaut, eine Verengerung, vielleicht sogar den Verschluss des Kanales bewerkstelligt. Durch dieses cavernöse Gewebe grenzt sich die äussere an elastischen Fasern reiche circulärfasrige Schicht von der inneren oder eigentlichen Schleimhautlage ab. Letztere wird sowohl im Thränennasengang als im Thränensack in grosser Verbreitung von einem reticulären Bindegewebe gebildet, in dessen Maschenräume zahlreiche Lymphkörperchen eingelagert sind. Es scheinen indessen in Betreff der Ausdehnung dieser lymphoiden Infiltration individuelle Variationen vorzukommen. In Betreff der lymphoiden Infiltration erinnert die Schleimhaut des Thränenganges an die Conjunctiva der Lider. Auch ihr Epithel zeigt sich wesentlich modificirt. Vom Thränensack bis zur Mündung in die Nasenhöhle findet sich ein hohes cylindrisches Epithel (0,06 mm Höhe), dessen Basaltheile sich verschmälern, sodass zwischen ihnen Raum bleibt für eine der Schleimhaut unmittelbar aufsitzende Schicht kleiner polyedrischer Zellen, die vielleicht als Ersatzzellen anzusehen sind. Denn auf einen Wechsel in der Zusammensetzung des Epithels weisen die Becherzellen hin, welche man häufig einzeln oder gruppenweise zwischen unveränderte Cylinderzellen eingestreut findet *). In Betreff der Beschaffenheit der dem Lumen zugekehrten Fläche der Cylinderzellen gehen die Meinungen der Forscher aus einander. Die Mehrzahl der Autoren beschreibt die Cylinderzellen als Flimmerzellen, während R. Maier auf das Entschiedenste das Vorkommen flimmernder Zellen bekämpft und Walzberg einen vermittelnden Standpunkt einnimmt. Nach den Untersuchungen des letzteren, welche sich auf Thiere beziehen, entbehrt der überwiegende Theil des Epithels der Flimmerhärchen gänzlich; zwischen diese nicht flimmernden Zellen sind bei einigen Thieren (Hund, Kaninchen, Schwein, Schaf) Flimmerzellen einzeln oder gruppenweise eingestreut, während bei anderen Thieren (Kalb) keine Spur von Flimmerzellen gefunden werden konnte. An den Präparaten, welche mir vom Menschen vorlagen und einem Hingerichteten entstammten, vermochte ich mich nicht mit Sicherheit vom Vorhandensein von Cilien auf der freien Fläche der schönen hohen Cylinderzellen zu überzeugen. Die Möglichkeit eines sporadischen Vorkommens von Flimmerzellen und individueller Variationen ist auch hier nicht ausgeschlossen.

Ueber die Epithelverhältnisse einerseits beim Uebergang in die Thränenkanälchen, andererseits bei der Ausmündung in die Nasenhöhle lauten die Angaben ebenfalls widersprechend. Wahrscheinlich sind diese Widersprüche grösstentheils auf individuelle Verschiedenheiten zurückzuführen. So scheint die Grenze zwischen dem geschichteten Pflasterepithel der Canaliculi und dem Cylinderepithel des Ductus schon innerhalb des Endstückes der Kanälchen liegen zu können (Manfredi). Andererseits findet Henle im Mündungsstück des Thränennasenganges in die Nasenhöhle geschichtetes Pflasterepithel, während nach Robin und Cadiat auch hier cylindrisches Epithel gefunden wird.

In ähnlicher Weise, nämlich durch Annahme individueller Verschiedenheiten sind wahrscheinlich auch die widersprechenden Angaben über das Vorkommen echter Drüsen in der Schleimhaut des Thränensackes und Thränenganges zu deuten. Solche Drüsen vom Charakter der Schleimdrüsen wurden von Maier

*) Nach Präparaten von einem Hingerichteten.

sowohl aus den Canaliculis, als aus dem Thränengange beschrieben, von Sappey aus dem Thränengange, während Walzberg, Robin und Cadiat nur dem untersten Ende des Nasenganges derartige Drüsen zuerkennen, die aber der Nasenschleimhaut selbst angehören. Nur beim Schwein gelang es Walzberg auch im eigentlichen Nasengange Schleimdrüsen zu constatiren

Der Thränensack der Säugethiere ist noch weniger scharf gegen den Thränennasengang abgesetzt als beim Menschen; er entbehrt des Kuppelblindsacks, da die Thränenkanälchen seine Richtung nach hinten oben fortsetzen. Bei einigen Säugethieren, wie z. B. beim Kaninchen, ist nur ein Thränenkanälchen (das untere) vorhanden, bei anderen (Schwein) mündet nur das obere mit einem Thränenpunkte aus, das untere endet blindsackartig geschlossen. — Das unter der Nasenschleimhaut verlaufende Stück des Thränenganges ist bei den meisten Säugethieren sehr lang, zuweilen (beim Hund, Schwein), wie schon erwähnt, mit seitlicher Nebenöffnung versehen (Walzberg).

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass Thränensack und Thränennasengang als eine einheitliche Bildung angelegt werden und zwar als eine solide Epithelleiste, welche vom Grunde der Thränenfurche aus in der ganzen Länge derselben in das unterliegende Bindegewebe wuchert und sodann vom Oberflächen-Epithel als solider Epithelstrang abgeschnürt wird, der erst secundär ein Lumen erhält (Born, Legal, Ewetsky). Die Bildung des Lumens, welche nach Born und Legal durch Auseinanderweichen der Zellen erfolgt, schreitet vom Auge nach der Nase vor (Legal). Die Communicationsöffnung mit der Nasenhöhle wird also zuletzt gebildet. Es erklärt dieser Entwicklungsgang, dass der Thränennasengang häufig auch noch bei Neugeborenen an seinem unteren Ende geschlossen gefunden wird. (Vlacovich, Manfredi, Bochdalek). Bochdalek fand dann dies untere Ende oft blasenförmig in die Nasenhöhle vorgetrieben, den Gang selbst mit einer schleimigen Masse gefüllt, die vielleicht ihre Entstehung einer partiellen schleimigen Metamorphose der Epithelzellen verdankt. Die Oeffnung bildet sich durch Dehiscenz der Wandung dieser Blase. Die verschiedenen Formen der Nasenmündung des Thränennasenganges erklären sich dann leicht durch den individuell verschiedenen Sitz und die Ausdehnung der Eröffnung an der medialen Wand des Endstückes. Beim Neugeborenen ist im Falle der bereits erfolgten Eröffnung (in der Mehrzahl der Fälle) die Oeffnung noch sehr fein, punktförmig. Eine von Schleimhaut gebildete mit feiner Oeffnung versehene Blase am unteren Ende des Thränennasenganges fand ich in einem Falle beim Erwachsenen; sie war aber mit ihrer Convexität nach oben in den Thränennasengang eingestülpt, sodass bei flüchtiger Betrachtung ein Fig. 114 A ähnliches Bild zur Ansicht kam.

Es wurden oben die verschiedenen Formen der unteren Oeffnung des Thränenganges beschrieben und dabei einer häufig vorkommenden gedacht, welche in Form eines vertikal gestellten Ovals mit scharfem oberen und seitlichen Rande erscheint und dem unteren Ende eines kurzen unter der Schleimhaut verlaufenden Kanalstücks entspricht. Diese Anordnung hielt Hasner für die gewöhnliche Form der Ausmündung des Thränennasenganges und betrachtete die mediale Schleimhautwand des Kanalendes als eine mit halbmondförmigem freiem Saume versehene Klappe (*Hasner'sche Klappe* [Hyrtl]) (Fig. 114 B), welche bei Expiration sich vor die Mündung lege, bei der Inspiration dagegen sich öffne.

Abgesehen von dieser sog. Hasner'schen Klappe, sind noch an zwei anderen Stellen des Thränenganges Schleimhautfalten variabler Natur fälschlich als Klappen beschrieben worden, wie aus obiger Beschreibung hervorgeht. Hier sind noch einige seltenere Varietäten dieser Faltenbildungen anzuführen: 1) Die Falte in der Umgebung der Einmündung der Thränenröhrchen kann zu einer letztere Mündung verlegenden nur von einer punktförmigen Oeffnung durchbohrten und blasenförmig in den Thränensack hineinragenden Membran umgewandelt sein; es kann eine solche Membran ferner eine Theilung des Thränensacks in eine äussere vordere und innere hintere Hälfte bewerkstelligen, in welche letztere dann die Canaliculi münden (Bochdalek). 2) Die Falte an der Grenze von Thränensack und Thränengang, die sog. Valvula sacci lacrymalis inferior zeigt sich in seltenen Fällen ebenfalls als ein quergestelltes mit enger Oeffnung versehenes Diaphragma. 3) Der Thränennasengang kann wie der Thränensack durch ein Längsseptum getheilt sein (Bochdalek).

Krehbiel fand in mehreren Fällen auf dem Thränensack unmittelbar hinter der Einmündung der Thränenkanälchen eine kleine Lymphdrüse. Rodriguez findet zwischen vorderer Wand des Thränensacks und Lig. palpebr. mediale einen Schleimbeutel.

Literatur über das Sehorgan.

I. Allgemeines (Form, Grösse, Lage etc.).

- 1) Angelucci, A., Ueber Entwicklung und Bau des vorderen Uvealtractus der Vertebraten. *Medic. Centralblatt* Nr. 24. 1879 und *Archiv für mikroskopische Anatomie*. Bd. XIX. 1881. — 2) Angely, J. L., *De oculo organisque lacrymalibus ratione aetatis, sexus, gentis et variorum animalium*. Erlang. 1803. — 3) Arlt, Zur Anatomie des Auges. *Graefe's Archiv* Bd. III, 2. 1857. — 4) Ders., *Compendium der normalen und pathologischen Histologie des Auges*. Wiesbaden 1880. — 5) Arnold, Fr., *Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen*. 1832. — 6) Berger, E., Beiträge zur Anatomie des Sehorganes der Fische. *Morphologisches Jahrbuch*. Bd. 8. 1882 und *Zoologischer Anzeiger* Nr. 83. 1881. — 7) Berlin, R., Ueber den physikalisch-optischen Bau des Pferdeauges. *Zeitschrift für vergleichende Augenheilkunde* 1882. — 8) Bowman, *Lectures on the parts concerned in the operations on the eye*. London 1849. — 9) Brücke, E., *Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels*. Berlin 1847. — 10) delle Chiaje, S., *Osservazioni anat. sull'occhio umano*. Napol. 1838. — 11) Ciaccio, G. V., *Sull'occhio della Talpa cieca etc.* *Rendic dell'accad. di Bologna* 1880 und *Memorie dell'accademia reale delle scienze dell'istituto di Bologna*. Ser. IV. T. 6. — 12) Cienfuegos, Ueber die senilen Veränderungen des menschlichen Auges. *Dissert.* Berlin 1880. — 13) Dalrymple, *The anatomy of the human eye*. London 1834. — 14) Desfosses, *De l'oeil du Protée*. *Comptes rendus*. T. 94. 1882. — 15) Döllinger, J., *Illustratio ichnographica fabricae oculi humani*. Wirceb. 1817. — 16) Donné, *Mikroskopische Untersuchung des menschlichen Auges*. *Frorieps N. Notizen*. Bd. IV. 1836. — 17) Dudgeon, R. D., *The human eye*. London 1878. — 18) Edwards Beiträge zur Kenntniss der Structur des Auges. (*Bul. de la soc. philom.* 1814) *Meckels Archiv* Bd. I. 1814. — 19) Elsinger, *Horizontaler Durchschnitt des menschlichen Auges nach Präparaten des Professors Dr. Arlt*, Wien 1875. — 20) Emmert, E., *Auge und Schädel*. Berlin 1880. — 21) Le Febure, *Histoire anatomique, physiologique et optique de l'oeil*. Paris 1803. — 22) Fuchs, E., Beiträge zur normalen Anatomie des Augapfels. *Graefe's Archiv f. Ophthalmol.* Bd. 30. 4. Abth. 1884. — 23) Gerlach, *Gewebelehre*. 2. Aufl. 1853. — 24) Ders., Beiträge zur normalen Anatomie des Auges 1880. — 25) Giraldu, J. A., *Etudes anatomiques ou recherches sur l'organisation de l'oeil considéré chez l'homme et dans quelques animaux*. Paris 1836. — 26) Graefe, A. und Saemisch, Th., *Handbuch der gesamten Augenheilkunde*. I. Band. 1874. — 27) Hannover, A., *Das Auge*. 1852. — 28) Helmholtz, H., Ueber die Accomodation des Auges. *Graefe's Archiv* I, 2. 1855. — 29) Ders., *Physiologische Optik*. 1856—1866. — 30) Henle, J., *Allgemeine Anatomie*. 1841. — 31) Ders., *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen* II. Band, *Eingeweidelehre*. 2. Auflage. 1875. — 32) Hesselbach, A. K., Bericht von der königl. anat. Anstalt zu Würzburg, mit einer Beschreibung des menschlichen Auges und der Anleitung zur Zergliederung desselben. Würzburg 1820. — 33) Holmes, E. L., Ueber die Stellung der Augäpfel bei geschlossenen Lidern. *Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde*. V. 1876. — 34) Home, Everard, *On the anatomical structure of the eye, illustrated by microscopical drawings executed by F. Baur*. *Philosoph. transact.* (*Meckels Archiv* Bd. VII). 1822. — 35) Horstmann, Ueber die Tiefe der vorderen Augenkammer. *Archiv für Ophthalmologie*. Band 25, Abth. I. 1879. — 36) Huschke, E., Ueber einige Streitpunkte in der Anatomie des menschlichen Auges. v. *Ammon's Zeitschrift* Bd. III u. IV. 1833. 1834. — 37) Ders., *Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen* 1844. — 38) Jacob, A., *Inquiries respecting the anatomy of the eye, communicated by Earle*. *Medico-chirurg. transact.* Vol. XII. 1823. — 39) Ilgen, E., *Das Sehorgan, anatomisch, vergleichend anatomisch, physiologisch und pathologisch, durch Abbildungen erläutert*. Lief. I. Wiesbaden 1850. — 40) Kadyi, H., Ueber das Auge des Maulwurfes etc. *Denkschr. d. Akad. d. Wissenschaften in Krakau*. IV. Bd. 1878. — 41) Kölliker, *Mikroskopische Anatomie*. II. Bd., 2. Abth. 1854. — 42) Ders., *Gewebelehre*. 5. Auflage. 1867. — 43) Krause, C., Einige Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges. *Meckel's Archiv* 1832, S. 86 ff. — 44) Ders., *Handbuch der menschlichen Anatomie*. I. Bd. 2. Theil 1842. — 45) Krause, W., *Die Brechungsindices der durchsichtigen Medien des menschlichen Auges*. Hannover 1855. — 46) Kuhnt, H., Ueber einige Altersveränderungen im menschlichen Auge. *Sitzungsbericht d. ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg* 1881. — 47) Leukart, R., *Organologie des Auges*. Graefe und Saemisch, *Handbuch der Augenheilkunde*. II. 1876. — 48) Löwe, L., Zur Anatomie des Auges. *Berl. klin. Wochenschr.* 13. Jahrgang. 1876. — 49) Ders., Beiträge zur Anatomie des Auges. *Archiv für mikroskopische Anatomie*. Bd. XV. 1878. — 50) Löwig, R. A., *Quaestiones de oculo physiologicae*. *Dissert.* Wratisl. 1857. — 51) Magnus, H., *Historische Tafeln zur Anatomie des Auges*. Beilageheft zu den klinisch. Monatsbl. für Augenheilkunde. XV.

1877. — 52) Martegiani, Francisc., *Novae observationes de oculo humano*. Neapel. 1814. — 53) Merkel, F., *Makroskopische Anatomie des Auges*. Handbuch der Augenheilkunde, herausgegeben von Graefe und Saemisch. I. S. 1—168. 1874. — 54) Müller, J., *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes des Menschen und der Thiere*. Leipzig 1826. — 55) Müller, W., *Ueber die Stammesentwicklung des Sehorganes der Wirbelthiere*. Festschrift für C. Ludwig 1875. — 56) Nunneley, *On the organs of vision*. 1858. — 57) Pappenheim, S., *Die specielle Gewebelehre des Auges*. 1842. — 58) Richet, *Traité pratique d'anatomie médico-chirurgicale*. 1877. — 59) Rosenthal, *Ueber das Auge*. Reil's Archiv, Bd. X. 1811. — 60) Rossi, D., *Dell' occhio umano e delle sue parte accessorie*. Napoli 1871. — 61) Sappey, *Traité d'anatomie descriptive*. T. III. — 62) Schreger, Chr., Heinr., Th., *Versuch einer vergleichenden Anatomie des Auges und der Thränenorgane des Menschen, nach Alter, Geschlecht, Nation etc. und der übrigen Thierklassen*. Leipzig 1810. — 63) Ders., *Vergleichende Ansicht der Augen nach ihrer Grösse, Form, Farbe und Stellung durch alle Thierklassen*. Abhandl. der phys. med. Soc. zu Erlangen. I. Bd. 1821. — 64) Schröter, Joh. Fr., *Das menschliche Auge nach der Darstellung des Herrn Sömmering im Profildurchschnitt noch mehr vergrössert abgebildet*. Mit einem Vorbericht von J. C. Rosenmüller. Weimar 1810. — 65) Simonson, C. F., *Tractatus anatomico-physiolog. de oculo*. Hafniae 1820. — 66) Sömmering, S. Th., *Abbildungen des menschlichen Auges*. Frankf. a. M. 1801. — 67) Ders., *De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio*. Göttingen 1818. — 68) Stellwag von Carion, *Lehrbuch der Augenheilkunde*. Wien 1870. — 69) Tillaux, *Traité d'anat. topographique*. 3. édition. 1882. — 70) Treviranus, G. R., *Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere*. 1. Heft. *Beiträge zur Lehre von den Gesichtswerkzeugen und dem Sehen des Menschen und der Thiere*. Bremen 1828. — 71) Voit, Guil. Gottl., *Comment. med. exhibens oculi humani anatomiam et pathologiam, ejusdemque in statu morbo exstirpationem*. Norimberg 1810. — 72) Wallace, W. A., *The structure of the eye*. York 1856. — 73) Watson, A., *Anatomical description of the human eye illustrated by a coloured plate*. London 1828. — 74) Weber, M. J., *Ueber die wichtigsten Theile des menschlichen Auges in Graefe's und Walter's Journal für Chirurgie*. Bd. XI. 1828. — 75) Zinn, Jo. Grg., *De differentia fabricae oculi humani et brutorum*. Commentar. soc. reg. Gottingens. Vol. IV. 1754. p. 191. — 76) Ders., *Descriptio anatomica oculi humani*. Gotting. 1755.

II. Entwicklung des Auges.

1) Ammon, *Die Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges*. Graefe's Archiv Bd. IV. Abth. I. 1858. — 2) Angelucci, A., *Ueber den Bau und die Entwicklung des vorderen Uvealtractus*. Medic. Centralbl. Nr. 24. 1879. — 3) Arnold, J., *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges*. Heidelberg 1874. — 4) Ayres, W. B., *Beiträge zur Entwicklung der Hornhaut und der vorderen Kammer*. Archiv f. Augenheilk. Bd. 8. 1879. — 5) Babuchin, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges*. Würzb. Verhandl. IV. 1863. — 6) Barkau, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Batrachier*. Wiener Sitzungsber. 1866. Bd. 54. — 7) Bergmeister, O., *Beitr. zur Entw. des Säugethierauges*. Schenk's Mittheilungen I. 1877. — 8) Dareste, *Sur une anomalie de l'oeil*. Compt. rend. T. 95. 1882. — 9) v. Ewetsky, Th., *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges*. Archiv f. Augenheilk. Bd. 8. 1879. — 10) Hunt, D., *On the early development of the ear and the eye of the pig*. New-York. 1877. — 11) Kessler, L., *Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Auges am Hühnchen und Triton*. Dorpat 1871. — 12) Ders., *Zur Entwicklung des Auges der Wirbelthiere*. Leipzig 1877. — 13) Kölliker, *Ueber die Entwicklung der Linse*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 6. 1855. — 14) Ders., *Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere*. 2. Auflage. 1879. S. 623—704. — 15) Ders., *Zur Entwicklung des Auges und Geruchsorgans menschlicher Embryonen*. Festschrift d. Univ. Zürich gewidmet 1883. — 16) Kupffer, *Die Entwicklung der Retina des Fischeauges*. Medic. Centralbl. Nr. 51. 1868. — 17) Lieberkühn, N., *Ueber das Auge des Wirbelthierembryo*. Schriften der Gesellsch. z. Beförd. d. ges. Naturw. zu Marburg. Bd. 10. 1872. — 18) Ders., *Zur Anatomie des embryonalen Auges*. Marburger Sitzungsber. 1877. Nr. 8. — 19) Ders., *Beiträge zur Anatomie des embryonalen Auges*. Archiv f. Anat. u. Entwicklungsgesch. Anat. Abth. Jahrg. 1879. — 20) Löwe, *Histiogenese der Retina*. Med. Centralbl. Nr. 51, 52. 1877 und Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XV. 1878. — 21) Manz, *Die Missbildungen des menschlichen Auges*. Graefe u. Saemisch, Handbuch der Augenheilk. II. 1876. — 22) Ders., *Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges*. Graefe u. Saemisch, Handbuch der Augenheilk. II. 1876. — 23) Mihalkovics, V. v., *Ein Beitrag zur ersten Anlage der Augenlinse*. M. Schultze's Archiv Bd. XI. 1875. — 24) Müller, W., s. Allgemeines Nr. 55. — 25) Radwaner, J., *Ueber die Entwicklung der Sehnervenkreuzung*. Schenk's Mittheil. I. 1877. — 26) Schenk, S., *Zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische*. Sitzungsber. der Wiener

Akad. Bd. 57. 2. Abth. 1868. — 27) Schoeler, H., De oculi evolutione in embryonibus gallinaceis. Diss. Dorpat 1848. — 28) Sernoff, D., Zur Entwicklung des Auges. Medic. Centralbl. 1872. Nr. 13. — 29) Würzburg, A., Zur Entwicklungsgeschichte des Säugethierauges. Diss. Wiesbaden 1876.

III. Sehnerv.

1) v. Ammon, Zur genauen Kenntniss des N. opticus, namentlich dessen intraocularen Endes. Prager Vierteljahrsschr. 17. Jahrg. 1860. 1. Bd. — 2) Berger, E., Zur Kenntniss vom feineren Baue des Sehnerven. Archiv f. Augenheilk. 1882. — 3) Hoffman, F. W., Zur vergleichenden Anatomie der Lamina cribrosa nervi optici etc. Graefe's Archiv Bd. 29. 2. Abth. 1883. — 4) v. Jaeger, E., Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien 1861. — 5) Key, Axel u. Retzius, G., Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. I. Stockholm 1875. — 6) Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Virchow's Archiv Bd. 19. 1860. — 7) Knies, M., Beiträge zur Kenntniss der Uvealerkrankungen. Archiv f. Augenheilk. Bd. IX. 1879. — 8) Krause, W., Die Nerven der Arteria centralis retinae sowie über eine Fovea centralis beim Frosch. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 21. 1875. — 9) Ders., Ueber die Fasern des Sehnerven. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26, 2. 1880. — 10) Kuhnt, H., Zur Kenntniss des Sehnerven und der Netzhaut. I. Die Structur des Sehnerven. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 25. Abth. 3. 1879. — 11) Ders., Zusammenhang der intervaginalen Räume beider Optici. Bericht über die 13. Vers. d. ophth. Gesellsch. zu Heidelberg 1881. — 12) Leber, Th., Bemerkungen über den normalen Bau des Sehnerven und seiner Scheiden. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 14, 2. 1868. — 13) Loewig, R., Beiträge zur Morphologie des Auges. Studien des physiol. Instituts zu Breslau 1858. — 14) Mackellar, E. D., The structure of the lamina cribrosa. Glasgow medical journal. Vol. 10. 1878. — 15) Michel, J., Beiträge zur näheren Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 18. I. 1872. — 16) Müller, H., Ueber Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Archiv f. Ophthalmol. IV, 2. 1858. — 17) Panas, Note sur la structure de l'espace vaginal du nerf optique. Société de biologie 1877. — 18) Salzer, F., Ueber die Anzahl der Sehnervenfasern und der Retinazapfen im Auge des Menschen. Sitzungsber. der Wiener Academie. Bd. 81. III. Abth. 1880. — 19) Samelson, Zur Topographie des Faserverlaufs im menschlichen Sehnerven. Medic. Centralbl. Nr. 23. 1880. — 20) Sappey, C., Recherches sur la structure de l'enveloppe fibreuse des nerfs. Journal de l'anat. Vol. V. 1868. — 21) Schwalbe, G., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. VI. 1869 u. 1870. — 22) Ders., Der Sehnerv. In Graefe u. Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde I. 1874. S. 321. — 23) Vossius, A., Ein Fall von beiderseitigem centralem Skotom mit pathologisch-anatom. Befund etc. Archiv f. Ophthalmol. 28, 3. 1883. — 24) Ders., Beiträge zur Anatomie des N. opticus. Ebenda 29, 4. 1883. — 25) Wolfring, Ein Beitrag zur Histologie der Lamina cribrosa sclerae. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 18, 2. 1872.

IV. Retina.

1) Adler, H., Beobachtungen über das Vorkommen von Sehpurpur am kranken und verletzten Menschaugen. Medic. Centralbl. 1877. Nr. 14 und Wiener medic. Presse 18. Jahrg. 1877. — 2) Albertoni, P., Sul rosso della retina nel feto e nel neonato. Lo sperimentale. 1880. — 3) v. Ammon, Fr. A., De genesi et usu maculae luteae in retina oculi humani obviae. Weimar 1830. — 4) Angelucci, A., Ricerche istologiche sull'epitelio retinico dei vertebrati. Reale Accad. dei Lincei 1878 und deutsch: Archiv f. Anatomie und Physiologie. Physiol. Abth. 1878. — 5) Babuchin, Beiträge zur Entwicklungsgesch. des Auges, besonders der Retina. Würzb. naturw. Zeitschr. IV. 1863. — 6) Beauregard, H., Contribution à l'étude du ronge rétinien. Journal de l'anat. et de la physiol. 1879. — 7) Bellonci, G., Contribution à l'histogénèse de la couche moléculaire interne de la rétine. Archives italiennes de biologie. T. III. 1883. — 8) Bergmann, Zur Kenntniss des gelben Flecks der Netzhaut. Zeitschr. f. rat. Med. Neue Folge. 5. Bd. 1854. — 9) Ders., Anatomisches und Physiologisches über die Netzhaut des Auges. Zeitschr. f. rat. Med. 3. S. II. 1858. — 10) Berlin, R., Ueber Sehnervendurchschneidung. Monatsbl. f. Augenheilk. IX. 1871. — 11) Berres, Ueber das Foramen centrale des Menschen. Ammon's Zeitschr. Bd. III. 1833. — 12) Bidder, Zur Anatomie der Retina. Müller's Archiv 1839 und 1841. — 13) Blessig, De retinae textura disquisitiones microscopicae. Diss. Dorpat 1855. — 14) Boll, Beiträge zur physiologischen Optik. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1871. — 15) Ders., Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Monatsber. d. Berliner Akademie 1876 und Archiv f. Anat. u. Phys. Physiol. Abth. 1877. — 16) Ders., Zur

Physiologie des Sehens und der Farbenempfindung. Ebenda 1877. — 17) Ders., Thesen und Hypothesen zur Licht- u. Farbenempfindung. Archiv f. Anat. u. Phys. Phys. Abth. 1881. — 18) Braun, Notiz zur Anatomie und Bedeutung der Stäbchenschicht der Netzhaut. Sitzungsber. der Wiener Acad. Math. naturw. Kl. Bd. 42. 1860. — 19) Brücke, E., Ueber die physiologische Bedeutung der stabförmigen Körper und der Zwillingszapfen in den Augen der Wirbelthiere. Müller's Archiv 1844. — 20) Burow, Ueber den Bau der Macula lutea. Müller's Archiv 1840. — 21) Caster, Zur Anatomie der Retina. Dissert. Berlin 1872. — 22) Chittenden, R. H., Beiträge zur Histochemie des Sehepithels. Untersuch. aus d. physiol. Institut der Univers. Heidelberg. Bd. 2. 1879. — 23) Ciaccio, G. V., Notizia sulla forma della fovea centrale ch'è nella macchia della retina umana. Rendiconti dell' accad. delle scienze dell' istit. di Bologna. 24. maggio 1880. — 24) Coccius, E. A., Ueber die Diagnose des Sehpurpurs im Leben. Programm. Leipzig 1877. — 25) Corti, Beitrag zur Anatomie der Retina. Müller's Archiv 1850. — 26) Ders., Histologische Untersuchungen, angestellt an einem Elephanten. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 1854. — 27) Denissenko, Vorläufige Bemerkungen zur Lehre über den Bau der Netzhaut. Ebenda. 1880. — 28) Ders., Einige Bemerkungen über den Bau der Netzhaut. Medic. Centralbl. Nr. 52. 1880. — 29) Ders., Untersuchungen über den Bau der inneren Körnerschicht und der Molecularschicht der Netzhaut. Mittheilungen aus d. embryol. Institut in Wien, herausgegeben von Schenk. Bd. II, 1. 1880. — 30) Ders., Ueber den Bau der äusseren Körnerschicht der Netzhaut bei den Wirbelthieren. Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 19. 1881. — 31) Ders., Ueber den Bau der Netzhaut bei der Quappe (*Lota vulgaris*) und bei *Ophidium barbatum*. Archiv für Ophthalmol. Bd. 28, 1. 1882. — 32) Ders., Einiges über den Bau der Netzhaut des Aales. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 21. 1882. — 33) Dietl und Plenk, Ueber den Sehpurpur. Mitth. aus d. med.-naturw. Verein zu Innsbruck 1877 und medic. Centralblatt 1877 Nr. 16. — 34) Dietl, M. J., Beitrag zur Kenntniss des feineren Baues der Stäbchenaussenglieder in der Netzhaut des Frosches. Archiv f. Augen- u. Ohrenheilkunde Bd. VII, 1878. — 35) Dittrich, Gerlach u. Herz, Anatom. Beobachtungen etc. an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prager Vierteljahrsschrift Bd. III. 1851. — 36) Dobrowolsky, Die Doppelzapfen. Archiv v. Reichert und du Bois-Reymond. 1871. — 37) Ders., Zur Anatomie der Retina. Ebenda 1871. — 38) Dönitz, Mariotte'scher Fleck bei markhaltigen Nervenfasern der Retina. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1864. — 39) Dogiel, A., Die Retina der Ganoiden. Archiv f. mikr. Anatomie Bd. 22. 1883. — 40) Ders., Ueber die Retina des Menschen. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Histol. Bd. I. 1884. — 41) Ders., Zur Frage über den Bau der Retina bei Triton cristatus. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 24. 1884. — 42) Duval, Structure et usages de la rétine. Thèse. Paris 1873. — 43) Ehrenberg, C. G., Poggendorff's Annalen 1833. — 44) Emery, C., La terminazione del nervo ottico nella retina dei batracii urodeli. Atti della società Italiana di scienze naturali. Vol. 18. 1876. — 45) Engelmann, Th. W., Bewegingen der kegels van het netvlies onder den invloed van licht en duister. Onderz. gedaan in het physiol. labor. d. Utrechtsche hoogeschool. 3. reeks. IX. 1884. — 46) Ewart, J. C., On the minute structure of the retina and vitreous humour. Journal of anat. and phys. Vol. IX. 1874. — 47) Ewart, J. C., and Thin, G., On the structure of the retina. Journal of anat. and phys. Vol. XI. 1876. — 48) Exner, S., Ueber den Sehpurpur. Wiener med. Wochenschrift. 1877. — 49) Flemming, W., Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. S. 114—122. 1882. (Kerne der Stäbchen-Sehzellen). — 50) Fleischl, E. v., Die Vertheilung der Sehnervenfaseru über die Zapfen der menschlichen Netzhaut. Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 87 3. Abth. — 51) Flesch, Ueber die Zapfenschicht der Schlangen-Retina. Sitzungsber. der phys.-ökon. Gesellsch. in Würzburg 1876. — 52) Frisch, Gestalten des Chorioidalpigments. Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.-nat. Kl. Bd. 58. Abth. 2. 1868. — 53) Fuchs, E., Zur Farbe der Netzhaut. Wiener medic. Wochenschr. 1877. Nr. 10. — 54) Ganser, S., Ueber die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfaseru etc. Archiv f. Psychiatrie Bd. XIII. 1882. — 55) Ders., Zur Anatomie der Katzenretina. Zeitschrift für vergl. Augenheilk. 1882. — 56) Golgi e Manfredi, Annotazioni istologiche sulla retina del cavallo. Accad. di medic. di Torino. 9. agosto 1872. — 57) Gottsche. Pfaff's Mittheilungen. N. F. Jahrgang 2. 1836. — 58) Gray, On the development of the retina. Philos. Trans. 1850. — 59) Gulliver, Fovea centralis in the eye of the fish. Journal of anat. and physiol. 1867. — 60) Gunn, R. M., Contribution to the minute anatomy of the human retina. Journal of anat. and physiol. Vol. XI. 1877. — 61) Hannover, A., Ueber die Netzhaut und ihre Hirnsubstanz bei Wirbelthieren. Müller's Archiv 1840. — 62) Ders., Ueber die Structur der Netzhaut der Schildkröte. Müller's Archiv 1843. — 63) Ders., Recherches microscopiques sur le système nerveux. 1844. — 64) Ders., Das Auge. Leipzig 1852. — 65) Ders., Zur Anat. u. Physiol. der Retina. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 1854. — 66) Ders., La rétine de l'homme et des vertébrés. Copenhagen 1876. — 67) Hasse, C., Vorläufige Mittheilung über den Bau der Retina. Göttinger Nachrichten. 8. 1866. — 68) Ders., Beiträge zur Anatomie der menschlichen Retina. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 29. 1867. — 69) Heinemann, Bemerkungen über den bindegewebigen Stützapparat in der Netzhaut des Vogelauges. Virchow's Archiv Bd. 30. 1864. — 70) Ders., Beiträge zur Anatomie der Retina. Archiv f. mikr.

- Anatomie Bd. 14. 1877. — 71) Helfreich, Ophthalmologische Mittheilungen über den Purpur der Retina. Medic. Centralbl. 1877. Nr. 7. — 72) Henle, Versuche und Beobachtungen an einem Enthaupteten. Zeitschr. f. rat. Med. N. F. II. 1852. — 73) Ders., Ueber die äussere Körnerschicht der Retina. Göttinger Nachrichten. Nr. 7. 1863. — 74) Ders., Weitere Beiträge zur Anatomie der Retina. Ebenda Nr. 15. 1864. — 75) Henle, J., und Merkel, F., Ueber die sogenannte Binde substanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. f. rat. Medicin. 3. R. Bd. 34. 1869. — 76) Hensen, Ueber eine Einrichtung der Fovea centralis retinae etc. Virchow's Archiv Bd. 34. 1865. — 77) Ders., Ueber das Sehen in der Fovea centralis. Virchow's Archiv Bd. 39. 1867. — 78) Ders., Bemerkungen zu W. Krause, die Membrana fenestrata der Retina. M. Schultze's Archiv Bd. IV. 1868. — 79) Hoffmann, C. K., Retina bei Beutelthieren. Nederl. Archiv für Zool. Bd. III. 1876. — 80) Ders., Ueber den Bau der Retina bei Amphibien und Reptilien. Nederl. Archiv für Zoologie Bd. III. 1876. — 81) Ders., Ueber den Bau der Retina bei den Vögeln. Nederl. Archiv f. Zoologie Bd. III. 1877. — 82) Home, E., An account of the orifice in the retina of the human eye etc. Philos. transactions 1798. — 83) Hulke, A contribution to the anatomy of the amphibian and reptilian retina. London ophthalmic. hosp. reports. Vol. IV. P. 3. 1864. — 84) Ders., On the retina of amphibia and reptiles. Journal of anat. and phys. N. 7. 1866. — 85) Ders., On the anat. of the fovea centralis of human retina. Philosoph. Transactions. Vol. 157. P. I. 1867. — 86) Ders., Notes on the anatomy of the common porpoise (*Phocaena communis*). Journal of anat. and phys. 1867. — 87) Huschke, s. Allgemeines N. 37. — 88) Ders., Untersuchungen über einige Streitpunkte in der Anatomie des menschl. Auges. v. Ammon's Zeitschrift Bd. III. 1833. Bd. IV. 1834. — 89) Hyrtl, Ueber anangische Netzhäute. Sitzungsber. d. Wiener Acad. Math. naturw. Kl. Bd. 43. 1861. — 90) Jacob, A., Account of a membrane in the eye non first described. Philosoph. Transactions 1819. — 91) Jacobowitsch. Compt. rendus. T. 50. 1860. — 92) Jones, Th. Wharton, Notice relative to the Pigmentum nigrum of the eye. Edinb. med. and surg. journal 1833. — 93) Isaacsohn, Beitrag zur Anatomie der Retina. Dissert. Berlin 1872. — 94) Iwanoff, Archiv f. Ophthalmol. XV, 2. 1869. — 95) Koganeï, J., Untersuchungen über die Histiogenese der Retina. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 23. 1884. — 96) Kölliker, Zur Anatomie und Physiol. der Retina. Verh. der phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. III. 1852. — 97) Kölliker et H. Müller, Note sur la structure de la rétine humaine. Compt. rend. T. 37. 1853. — 98) Dieselben, Retina-Tafel. Tafel XIX in Ecker's Icones physiolog. Leipzig 1854. — 99) Königstein, L., Ueber den Sehpurpur. Wiener medic. Presse 18. Jahrg. 1877. — 100) Krause, W., Ueber den Bau der Retina-Stäbchen beim Menschen. Göttinger Nachrichten 1861 und Zeitschrift f. rat. Med. 3. R. Bd. 11. 1861. — 101) Ders., Anatomische Untersuchungen. 1861. — 102) Ders., Ueber die Endigung des N. opticus. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1867. — 103) Ders., Zapfen-Ellipsoide und Stäbchen-Ellipsoide der Retina. Göttinger Nachrichten N. 37. 1867. — 104) Ders., Die Anatomie des Kaninchens. 1867. — 105) Ders., Ueber die Endigung des Nervus opticus. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1868. — 106) Ders., Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig 1868 und Göttinger Nachrichten N. 9 1868. — 107) Ders., Histiologische Notizen. Medic. Centralbl. N. 52. 1873. — 108) Ders., Die Nerven der Arteria centralis retinae, sowie über eine Fovea centralis beim Frosch. Archiv für Ophthalmol. Bd. 21. Abth. I. 1875. — 109) Ders., Die Nerven-Endigung in der Retina. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 12. 1876. — 110) Ders., Ueber die Retinazapfen der nächtlichen Thiere. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 19. 1881. — 111) Ders., Die Retina. Internat. Monatsschr. für Anatomie und Histologie Bd. I. 1884. — 112) Krenchel, W., Untersuchungen über die Folgen der Sehnervendurchschneidung beim Frosch. Archiv für Ophthalmol. Bd. 20, 1. 1874. — 113) Kühne, W., Vorläufige Mittheilungen über optographische Versuche und über den Sehpurpur. Medic. Centralbl. 1877. N. 3, 4, 11, 15, 42. — 114) Ders., Zur Photochemie der Netzhaut und über den Sehpurpur. 7 Mittheilungen in den Untersuchungen d. physiol. Instituts zu Heidelberg. Bd. I. 1877. — 115) Ders., Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und Pigmente des Auges. I—III. Unters. aus d. physiol. Institut d. Univ. Heidelb. Bd. II. 1878. — 116) Ders., Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen. Ebenda Bd. II. 1878. — 117) Ders., Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut etc. Ebenda Bd. II. 1878. 6 Abhandlungen. — 118) Ders., Ueber die Farbstoffe der Vogel-Retina. Medic. Centralbl. N. 1. 1878. — 119) Ders., Chemische Vorgänge in der Netzhaut. Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. III. 1879. — 120) Ders., Notiz über die Netzhautfarben belichteter menschlicher Augen. Untersuchungen d. physiol. Instituts der Univers. Heidelberg. Bd. 3. 1879. — 121) Ders., Beiträge zur Optochemie. Untersuch. d. physiol. Instituts zu Heidelberg. Bd. II. H. 4. Bd. IV. H. 3. 1882. — 122) Ders., **Beobachtungen zur Anatomie und Physiologie der Retina.** Untersuch. aus d. physiol. Instit. der Univers. Heidelberg. Bd. IV, 3. 1882. — 123) Kühne, W., u. Ewald, A., Untersuchungen über den Sehpurpur. Unters. d. physiol. Instituts zu Heidelberg. Bd. I. 1877. Bd. II. 1878. — 124) Kühne, W., und Sewall, H., Zur Physiologie des Sehepithels, insbesondere der Fische. Untersuchungen d. physiol. Instituts d. Univers. Heidelberg. Bd. III. Heft 3/4. — 125) Kuhnt, Zur Architektonik der Retina. Bericht über die 10. Versammlung

der ophthalmol. Gesellsch. Heidelberg 1877. — 126) Ders., Zur Kenntniss des Pigmentepithels. *Medic. Centralbl.* N. 19. 1877. — 127) Ders., Regeneration in der Netzhaut. Bericht über die 11. Vers. d. ophthalm. Gesellsch. zu Heidelberg 1878. — 128) Ders., Grosszellenzone im Pigmentepithel des Menschen. Bericht über die 12. Versamml. d. ophthalmol. Gesellschaft in Heidelberg 1879. — 129) Ders., Ueber die physiologische Sehnervenexcavation. *Sitzungsber. d. ophthalm. Gesellsch. in Heidelberg* 1881. 4 Stn. — 130) Ders., Ueber den Bau der Fovea centralis des Menschen. *Sitzungsber. d. ophthalm. Gesellsch. in Heidelberg* 1881. 6 Stn. — 131) Landolt, Beitrag zur Anatomie der Retina vom Frosch, Salamander und Triton. *M. Schultze's Archiv* Bd. 7. 1870. — 132) Ders., Die direkte Entfernung zwischen Macula lutea und N. opticus. *Med. Centralbl.* N. 45. 1871. — 133) Langenbeck, B. C., De retina observationes anatomicae-pathologicae. 1836. — 134) Langerhans, P., Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg i. B. 1873. — 135) Lehmann, Experimenta quaedam de nervi optici dissectioni ad retinae texturam vi et effectu. *Dissert.* Dorpat 1857. — 136) Lersch, De retinae structura. *Dissert.* Berolini 1840. — 137) Leydig, F., Beiträge zur mikrosk. Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig 1852. — 138) Ders., Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. 1853. — 139) Ders., Die Farbe der Retina und das Leuchten der Augen. *Archiv f. Naturgeschichte*. 43. Jahrgang. 1877. — 140) Liebreich, Atlas der Ophthalmoscopie. Berlin 1863. — 141) Löwe, L., Zur Histogenese der Retina. *Archiv f. mikrosk. Anatomie* Bd. 15, 1878 und *medic. Centralbl.* 1877. N. 51, 52. — 142) Manfredi, Sulla struttura della cosi detta parte cigliare della retina. *Gazz. med. ital. Lomb. Serie VI. T. III.* 1870. — 143) Manz, W., Ueber den Bau der Retina des Frosches. *Zeitschr. f. rat. Med.* 3. R. X. 1861. — 144) Ders., Die Ganglienzellen der Froschnetzhaut. *Zeitschr. f. rat. Med.* 3. R. Bd. 28. 1866. — 145) Ders., Das Auge der hirnlosen Missgeburten. *Virchow's Archiv* Bd. 51. 1870. — 146) Mauthner, Lehrbuch der Ophthalmoskopie 1868. — 147) Mays, K., Ueber das braune Pigment des Auges. *Untersuch. d. physiol. Instituts d. Univers. Heidelb.* Bd. 2. 1878. — 148) Merkel, F., Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Leipzig 1870. — 149) Ders., Zur Kenntniss der Stäbchenschicht der Retina. *Archiv von Reichert und du Bois-Reymond* 1870. — 150) Ders., Ueber die menschliche Retina. *Graefe's Archiv f. Ophthalmol.* XXII, 4. 1876. — 151) Ders., Die menschliche Retina. *Monatsbl. f. Augenheilk.* 1877. — 152) Michaelis, A., *Müller's Archiv* 1837. — 153) Ders., Ueber die Retina, besonders über die Macula lutea und des Foramen centrale. *Verhandl. d. Kais. Leop.-Carolin. Acad. d. Naturforscher.* Bd. 19, 2. 1842. — 154) Michaelis, Ph., Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschlichen Auges. *Journal der Erfindungen* 1798. — 155) Michel, J., Ueber die Ausstrahlungsweise der Opticusfasern in der menschlichen Retina. *Beiträge zur Anatomie und Physiologie, C. Ludwig gewidmet* 1874. — 156) Ders., Zur Kenntniss des Sehrothes. *Medic. Centralbl.* 1877. N. 24. — 157) Morano, Die Pigmentschicht der Retina. *M. Schultze's Archiv* Bd. 8. 1871. — 158) Ders., Stomata in der Pigmentschicht der Retina. *Medic. Centralbl.* 1875. N. 5. — 159) Müller, H., Ueber sternförmige Zellen der Retina. *Verh. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg.* Bd. II. 1852. — 160) Ders., Zur Histologie der Netzhaut. *Zeitschr. f. w. Zool.* III. 1852. — 161) Ders., Bemerkungen über den Bau und die Function der Retina. *Verh. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg.* III. 1852. — 162) Ders., Ueber einige Verhältnisse der Netzhaut bei Menschen und Thieren. *Ebenda* V. 1853. — 163) Ders., Ueber entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefäße etc. *Ebenda* V. 1854. — 164) Ders., Observations sur la structure de la rétine. *Comptes rendus* T. 43. Oct. 1856. — 165) Ders., Anatomisch-phys. Unters. über die Retina des Menschen und der Wirbelthiere. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. VIII. 1857. — 166) Ders., Ueber Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven. *Archiv f. Ophthalmol.* IV. 1858. — 167) Ders., Ueber Hypertrophie der Nervenprimitivfasern in der Retina. *Ebenda.* Bd. IV. 1858. — 168) Ders., Ueber dunkelrandige Nervenfasern in der Retina. *Würzb. naturw. Zeitschr.* I. 1860. — 169) Ders., Notiz über die Netzhautgefäße bei einigen Thieren. *Ebenda* II. 1861. — 170) Ders., Ueber das ausgedehnte Vorkommen einer dem gelben Fleck der Retina entsprechenden Stelle bei Thieren. *Ebenda* II. 1861. — 171) Ders., Bemerkungen über die Zapfen am gelben Fleck des Menschen. *Ebenda* II. 1861. — 172) Ders., Ueber die Netzhautgefäße von Embryonen. *Ebenda* II. 1862. — 173) Ders., Ueber das Auge des Chamaeleon. *Ebenda* III. 1862. — 174) Ders., Ueber das Vorhandensein zweier Foveae in der Netzhaut vieler Vogelaugen. *Zehender's klin. Monatsbl.* 1863. — 175) Müller, W., Ueber die Stammesentwicklung des Sehorgans der Wirbelthiere. Leipzig 1874. — 176) Nettleship, E., Observations of visual purple in the human eye. *Journal of physiol.* Vol. II. — 177) Nicati, Recherches sur le mode de distribution des fibres nerveuses dans les nerfs optiques et dans la rétine. *Archives de physiologie.* 1875. — 178) Norris and Shakespeare, A contribution to the anatomy of the human retina. *Americ. journal of the med. sc.* October 1877. — 179) Nunneley, On the structure of the retina. *Quart. journ. of micr. science* 1858. — 180) Ogneff, J., Histiogenese der Retina. *Medic. Centralbl.* N. 35. 1881. — 181) Ders., Histologie der Retina. *Medic. Centralbl.* Nr. 45. 1883. — 182) Oppenheimer, L. S., Die Stäbchen in der Netzhaut der Froschembryonen. *Mittheilungen aus d. embryol. Institut in Wien,*

herausgegeben von Schenk. Bd. I. 1879. — 183) Pacini, Nuove ricerche sulla tessitura intima della retina. Bologna 1845. — 184) Pouchet, Note sur la rétine du pigeon. Gazette médicale de Paris, 1880. Nr. 21. — 185) Rampoldi, Sopra lo strato intergranulare della retina del cavallo. Annali d'ottalmol. X, 3. 1881. — 186) v. Recklinghausen, Markige Hypertrophie der Nervenfasern der Netzhaut. Virchow's Archiv Bd. 30. 1864. — 187) Remak, Zur mikroskopischen Anatomie der Retina. Müller's Archiv 1839. — 188) Ders., Ueber gangliöse Nervenfasern. Berliner Monatsber. 1853. Compt. rendus 1853. — 189) Ders., Ueber den Bau der Retina und der Ganglien. Deutsche Klinik 1854. — 190) Reich, M. J., Zur Histologie der Retina vom Hecht. (Ophthalmologen-Congress in Heidelberg 1873. — Referat in Schwalbe's Jahresber. Bd. 11) und Archiv für Ophthalmol. XX, 1. 1874. — 191) Reil, J. C., Die Falte, der gelbe Fleck und die durchsichtige Stelle in der Netzhaut des Auges. Reil's Archiv Bd. II. — 192) Retzius, G., Bidrag till Kännedomen om de inre lagren i ägats näthinna. Nord. med. arkiv. III. 1871 und Biologische Untersuchungen I. 1881. — 193) Ders., Om membrana limitans retinae interna. Ebenda III. 1871. — 194) Ritter, Ueber den Bau der Stäbchen und äusseren Endigungen der Radialfasern an der Netzhaut des Frosches. Archiv f. Ophthalmol. V. 1859. — 195) Ders., Ueber die Elemente der äusseren Körnerschicht. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 8. 1862. — 196) Ders., Die Structur der Retina, dargestellt nach Untersuchungen über das Walfischauge. Leipzig 1864. — 197) Ders., Zur Histologie des Auges. Archiv f. Ophthalmol. XI. 1865. — 198) Ders., Ueber die feinsten Elemente des Bindegewebes in der Faserschicht und der Zwischenkörnerschicht des Menschen. Ebenda 1865. — 199) Ders., Das Auge eines Acranius histologisch untersucht. Archiv f. Augenheilk. Bd. 11. 1882. — 200) Rivolta, Delle cellule multipolari che formano lo strato intergranuloso o intermedio nella retina del cavallo. Giorn. di anat. fisiol. e pat. degli animali. Anno III. 1871. — 201) Rosow, Ueber das körnige Augenpigment. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 9. 1863. — 202) Rudolphi, R. A., Ueber den gelben Fleck und das sogenannte Centralloch der Netzhaut. Abhandl. der k. Akad. der Wissensch. zu Berlin. 1816—17. — 203) Samelsohn, Zur Topographie des Faserverlaufes im menschlichen Sehnerven. Medic. Centralblatt N. 23. 1880. — 204) Ders., Zur Anatomie und Nosologie der retrobulbären Neuritis. Archiv f. Ophthalmol. XXVIII, 1. 1882. — 205) Santi Sirena, Untersuchungen über den feineren Bau der Ganglienzellen etc. Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. II. 1871. — 206) Schelske, Ueber die Membrana limitans der menschlichen Netzhaut. Med. Centralbl. N. 35. 1863 und Virchow's Archiv Bd. 28. 1863. — 207) Schenk und Zuckerkandl, Der Sehpurpur etc. Allgem. Wiener medic. Zeitung. 22. Jahrg. N. 11. 1877. — 208) Schiess, Beitrag zur Anatomie der Retinastäbchen. Zeitschrift f. ration. Med. 3. R. Bd. 18. 1863. — 209) Schmidt-Rimpler, H., Die Farbe der Macula lutea im Auge des Menschen. Medic. Centralbl. N. 57. 1874 und Sitzungsber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. in Marburg. 1875. — 210) Ders., Markhaltige Nervenfasern in der Netzhaut. Zehender's klin. Monatsbl. 1874. — 211) Ders., Die Macula lutea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 21. Heft 3. 1875. — 212) Ders., Sehroth bei einem Amaurotischen etc. Medic. Centralbl. N. 23. 1877. — 213) Schneider, E., Das Ende der Nervenhaut im menschlichen Auge. München 1827. — 214) Schultze, M., Observationes de retinae structura penitiori. Bonnae 1859. — 215) Ders., Zur Kenntniss des gelben Fleckes und der Fovea centralis des Menschen- und Affen-Auges. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1861. — 216) Ders., Zur Anatomie und Physiologie der Retina. M. Schultze's Archiv II. 1866. — 217) Ders., Ueber den gelben Fleck der Retina. Bonn 1866. — 218) Ders., Ueber Stäbchen u. Zapfen der Retina. Schultze's Archiv Bd. 3. 1867. — 219) Ders., Bemerkungen über Bau und Entwicklung der Retina. Ebenda. 3. 1867. — 220) Ders., Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insecten. Bonn 1868. — 221) Ders., Bemerkungen zu dem Aufsatze von Steinlin. Schultze's Archiv Bd. IV. 1868. — 222) Ders., Die Stäbchen in der Retina der Cephalopoden und Heteropoden. M. Schultze's Archiv Bd. V. 1869. — 223) Ders., Ueber die Nervenendigung in der Netzhaut des Auges bei Menschen und bei Thieren. Ebenda Bd. 5. 1869. — 224) Ders., Die Retina. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. — 225) Ders., Neue Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Retina des Menschen. M. Schultze's Archiv Bd. VII. 1871. — 226) Ders., Ueber die Retina der Neunaugen. Sitzungsber. der niederrh. Gesellsch. 6. Nov. 1871. — 227) Ders., Ueber den Bau der Netzhaut von Nyctipithecus. Ebenda 22. Juli 1872. — 228) Ueber die Netzhaut des Störs. Ebenda 2. Dec. 1872. — 229) Schultze, M. und Rudneff, Weitere Mittheilungen über die Einwirkung der Ueberosmiumsäure auf thierische Gewebe. M. Schultze's Archiv I. 1865. — 230) Schwalbe, G., Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Bericht der k. sächs. Gesellschaft der Wissensch. 1872. — 231) Ders., Die Retina. Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde. I. 1874. — 232) Sömmering, S. T., De foramine centrali retinae humanae limbo luteo cincto. Comment. soc. reg. Gotting. Vol. 13. 1795. — 223) Stark, K. W., Ueber den gelben Fleck, das Centralloch und die Falte. Jenaer Literaturzeitung und v. Ammons Zeitschrift Bd. I. 1830. — 234) Steinlin, Beiträge zur Anatomie der Retina. Berichte der St. Gallischen naturw. Gesellsch. 1865/66. 1866. — 335) Ders., Ueber Zapfen und Stäbchen der Retina. M. Schultze's Archiv Bd. IV. 1868. — 236) Tafani, A., Nuovi studi sulla tessitura intima della retina

degli uccelli, 1877 und *Journal de micrographie* N. 4. 1878. — 237) Derselbe, *Parcours et terminaison du nerf optique dans la rétine des crocodiles*. *Archives italiennes de biologie*. T. IV. 1883. — 238) Talma. *Onderzoek*. Utrecht. III. recks. II. 1873. — 139) Thin, G., *The optic fibres and ganglion cells of the Mammalian Retina*. *Journal of anat. and physiol.* 13. 1879. — 240) Ders., *On the ganglion cells of the elephants retina*. *Journal of anat. and phys.* Vol. 14. 1880. — 241) Thin, G. and Ewart, J. C., *On the structure of the retina*. *Journal of anat. and phys.* Vol. 11. 1877. — 242) Treviranus, *Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen u. Gesetze des organischen Lebens*. Bd. I. 1836. 1837. — 243) Vintschgau, *Ricerche sulla struttura microscopica della retina etc.* *Sitzungsber. der Wiener Acad.* Bd. 11. 1854. — 244) Virchow, *Zur patholog. Anatomie der Netzhaut und des Sehnerven*. *Virchow's Archiv* Bd. 10. 1856. — 245) Volkmann, A. W., *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinns*. Leipzig 1836. — 246) Vossius, *Ein Fall von beiderseitigem centralem Skotom mit pathologisch-anatomischem Befund*. *Archiv f. Ophthalmologie* Bd. 28. 3. 1883. — 247) Wadsworth, O. F., *The fovea centralis in man*. *Beiträge zur Ophthalmologie*, Fr. Horner gewidmet. 1881. — 248) Waelchli, G., *Zur Topographie der gefärbten Kugeln der Vogelnetzhaut*. *Archiv f. Ophthalmol.* Bd. 29. Abth. 3. 1883. — 249) Ders., *Mikroskopische Untersuchungen der gefärbten Kugeln in der Retina von Vögeln*. *Archiv f. Ophthalmol.* Bd. 27. Abth. 2. 1881. — 250) Wagner, G., *Ueber die Structur der Retina*. *Marburger Sitzungsber.* N. 5. 1868. — 251) Wagner, R., *Ueber das Ende der Netzhaut*. *Ammons Zeitschrift*. III. 1833. — 252) Wahl, E. de, *De retinae textura in monstro anencephalico disquisitiones microscopicae*. *Dissert.* Dorpat 1859. — 253) Wantzel, J. M., *Isenflamm u. Rosenmüller, Beiträge zur Zergliederungskunst*. I. Bd. 1800. — 254) Weber, E. H., *Treviranus' Beiträge* Bd. I. 1837. — 255) Welcker, H., *Untersuchung der Retinazapfen und des Riechhautepithels bei einem Hingerichteten*. *Zeitschr. f. rat. Med.* 3. R. Bd. 20. 1863. — 256) Wharton Jones, Th., *Notice relative to the pigmentum nigrum of the eye*. *Edinburgh medical and surgical journal* 1833. — 257) v. Wittich, *Histologische Mittheilungen*. II. *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*. Bd. IV. 1853. — 258) Zenker, W., *Versuch einer Theorie der Farben-Perception*. *Schultze's Archiv* Bd. 3. 1867.

V. Linse.

1) Arnold, J., *Die Linse und das Strahlenplättchen*. Graefe und Saemisch, *Handbuch der Augenheilkunde*. Bd. I. 1874. — 2) Babuchin, *Die Linse*. *Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben*. II. 1872. — 3) Baerens, *Diss. sist. systematis lentis crystallinae monographiam*. Tübingen 1819. — 4) Becker, O., *Zur Anatomie der gesunden u. kranken Linse*. *Centralbl. f. prakt. Augenheilk.* VI. Mai 1882. — 5) Ders., *Ueber den Wirbel und Kernbogen in der menschlichen Linse*. *Archiv f. Augenheilk.* XII. 1883. — 6) Ders., *Zur Anatomie der gesunden und kranken Linse*. Wiesbaden 1883. — 7) Becker, F. J. v., *Untersuchungen über den Bau der Linse bei dem Menschen und den Wirbelthieren*. *Archiv für Ophthalmol.* Bd. 9. 1863. — 8) Ders., *Ueber Dr. Ritter's neue Entdeckung in der Anatomie der Linse*. *Archiv f. Ophthalm.* Bd. 13. Abth. I. 1867. — 9) Berger, E., *Bemerkungen über die Linsenkapsel*. *Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde*. 1882. — 10) Cadiat, O., *Du cristallin*. *Thèse de Paris*. 1876. — 11) Cohn, H., *Zur Anatomie der persistirenden Pupillarmembran*. *Centralbl. f. prakt. Augenheilk.* 1881. — 12) Corda, *Bau der Krystalllinse des Auges, eine histologische Skizze*. *Weitenweber's Beiträge zur gesammten Natur- u. Heilwissenschaft*. 1. Heft. 1836. — 13) Czermak, J., *Ueber das Wesen der von Dr. C. Thomas auf Linsenschliffen entdeckten Curvensysteme*. *Zeitschrift f. wissensch. Zoologie*. Bd. 7. 1856. — 14) Deutschmann, R., *Untersuchungen zur Pathogenese der Cataract*. *Archiv f. Ophthalmologie*. XXIII. Abth. 3. 1877 und Bd. XXVI. Abth. 2. 1880. — 15) Ewart, *Preliminary notice on an epithelial arrangement in front of the retina and on the external surface of the capsule of the lens*. *Journal of anat. and physiol.* 1874. — 16) Falchi, F., *La reproduction de l'épithélium de la capsule cristalline antérieure etc.* *Archives ital. de biologie*. T. IV. 1883 und *Archivio per le scienze mediche*. VII. 1883. — 17) Fubini, S., *Beiträge zum Studium der Krystalllinse*. *Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre*. XI. 1873. — 18) Gayat, M. J., *De la non-régénération du cristallin chez l'homme et chez les laprins*. *Compt. rendus*. T. 81. 1875. — 19) v. Gräfe, C. W., *Ueber die Bestimmung der Morgagni'schen Feuchtigkeit, der Linsenkapsel etc.* *Reil's Archiv* IX. 1810. — 20) Gros, *Comptes rendus*. 1852. — 21) Hannover, *Einige Beobachtungen über den Bau der Linse bei Säugethieren und dem Menschen*. *Müller's Archiv* 1845, abgedruckt in: *Das Auge*. 1852. — 22) Harting, P., *Recherches micrométriques*. p. 57. 1845. — 23) Heitzmann, *Ueber den feineren Bau der Linse und des Glaskörpers*. *Beilageheft zu den klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* XXI. 1883. — 24) Henle, J., *De membrana pupillari*. Bonn 1832. — 25) Ders., *Ueber die Linsenfasern*. *Göttinger Nachrichten* N. 21. 1875. — 26) Ders., *Zur Anatomie der Krystalllinse*. *Abhandl. d. kgl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen* 1878 und *Göttinger Nachrichten* N. 6. 1878. — 27) Ders., *Zur Entwicklungsgeschichte der Krystalllinse und zur Theilung des Zellkerns*. *Archiv f. mikr. Anat.*

Bd. 20. 1882. — 28) Hosch, F., Das Epithel der vorderen Linsenkapsel. Archiv f. Ophthalmologie. 20. Abth. 1. 1874. — 29) Huschke, Ueber die Textur der Linse. Ammon's Zeitschr. II. — 30) Imre, J., Ein Beitrag zur Kenntniss vom Zusammenhange der Linsenkapsel mit der Hyaloidea. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 14. Jahrg. 1876. — 31) Knapp, J. H., Ueber die Lage und Krümmung der Oberflächen der menschlichen Krystalllinse und den Einfluss ihrer Veränderungen bei der Accomodation auf die Dioptrik des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. VI. Abth. 2. 1860. — 32) Knies, M., Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse. Untersuchungen des physiol. Instit. der Univ. Heidelberg. Bd. I. 1877. — 33) Kölliker, A., Ueber die Entwicklung der Linse. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 6. 1855. — 34) Königstein, L., Ueber die Pupillarmembran. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 27. Abth. 3. 1881. — 35) Leiblein, V., Bemerkungen über das System der Krystalllinse. Dissert. Würzburg 1821. — 36) Listing, Beitr. zur physiol. Optik. Göttingen 1845. — 37) Lohmeyer, Beiträge zur Histologie und Aetiologie der erworbenen Linsenstaare. Zeitschrift f. rat. Medicin. N. F. Bd. V. 1854. — 38) Melloni, M., Nuove osservazioni sul colore della retina e del cristallino. Annali universali. Juni 1842. — 39) Mensonides, Nederland. Lancet. 1848. — 40) Mens Fiers Smeding, G. L., Inteekeningen betreffende onze kennis van het oog. Diss. Leiden 1858. — 41) Meyer, H., Beitrag zur Streitfrage über die Entstehung der Linsenfasern. Müller's Archiv 1851. — 42) Meyer-Ahrens, Bemerkungen über die Structur der Linse. Müller's Archiv 1838. — 43) Michel, J., Ueber natürliche und künstliche Linsentrübung. Festschrift zur Feier des 300j. Bestehens der Univ. Würzburg. 1882. — 44) Mihalkovics, V. v., Ein Beitrag zur ersten Anlage der Augenlinse. Archiv f. mikr. Anat. XI. 1875. — 45) Milliot, De la régénération du cristallin chez quelques mammifères. Robin, Journal de l'anat. et de physiol. 1872. — 46) Moers, A., Beiträge zur pathologischen Anatomie der Linse nach Versuchen an Thieren. Virchow's Archiv Bd. 32. 1865. — 47) Moriggia, A., Ueber die beste Darstellungsweise und die Entwicklung der Röhrchen der Krystalllinse. Mole-schott's Untersuchungen Bd. X. 1870. — 48) Ritter, C., Ueber das Centrum der Froschlinse. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XII. Abth. 1. 1866. — 49) Ders., Zur Histologie der Linse. a) Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 22. Abth. 2. 1876. b) Ebenda Bd. 22. Abth. 4. 1876. c) Archiv f. Ophthalmol. Bd. 23. Abth. I. d) Ebenda Bd. 23. Abth. II. e) Ebenda Bd. 23. Abth. III. 1877. f) Archiv f. Ophthalmol. Bd. 24. Abth. II. 1878. — 50) Robinski, Untersuchungen über die Augenlinse, insbesondere zur Kritik der bisherigen Untersuchungsmethoden derselben. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1871. — 51) Ders., Zur Anatomie, Physiologie und Pathologie der Augenlinse des Menschen und der Wirbelthiere. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1872. — 52) Ders., Die Augenlinsensterne des Menschen und der Wirbelthiere. Medic. Centralbl. N. 3 und 4. 1877. — 53) Ders., Untersuchungen zur Kenntniss der Länge und Anordnung der Augenlinsenfasern. Medic. Centralbl. N. 21. 1882. — 54) Ders., Sind die Augenlinsenröhren ein- oder mehrkernig? Medic. Centralbl. N. 28. 1882. — 55) Ders., Untersuchungen über die sogenannten Augenlinsenfasern. Archiv f. Augenheilk. XI. 1882. — 56) Sernoff, Zum mikroskopischen Bau der Linse beim Menschen und bei den Wirbelthieren. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 13. 1867. — 57) Strahl, J. C., Das chemische Material der Linsenkapsel. Archiv f. physiol. Heilk. Bd. XI. 1852. — 58) Talko, J., Ein Fall von Membrana pupillaris perseverans. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. XX. 1882. — 59) Thin, G. und Ewart, J. C., A contribution to the anatomy of the lens. Journal of anat. and phys. Vol. X. 1876. — 60) Thomas, Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. VI. 1851. — 61) Ulrich, R., Zur Anatomie und Physiologie des Canalis Petiti und der anstossenden Gewebe. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. XXVI. Abth. 2. 1880. — 62) Werneck, Mikroskopisch-anatomische Betrachtungen über die Wasserhaut und das Linsensystem des Auges. v. Ammon's Zeitschrift f. Ophthalmologie. IV. Bd. 1834. — 63) Ders., Beiträge zur Gewebelehre des Krystallkörpers. v. Ammon's Zeitschrift f. Ophthalmologie. V. 1837.

VI. Glaskörper und Zonula.

1) Aeby, Chr., Der Canalis Petiti und die Zonula Zinnii beim Menschen und bei Wirbelthieren. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 28, 1. 1882. — 2) Angelucci, A., Ueber Entwicklung und Bau des vorderen Uvealtractus der Vertebraten. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XIX. 1881. — 3) Bayer, F., Ueber den sichtbaren Cloquet'schen Kanal im Auge. Zeitschrift f. Heilkunde. IV. 1883. — 4) Bayern, Herzog Carl Theodor in, Beiträge zur Anatomie u. Pathologie des Glaskörpers. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 25. 1879. — 5) Beauregard, H., Etude du corps vitré. Journal de l'anat. etc. p. Robin et Pouchet. 1880. — 6) Berger, E., Beiträge zur Anatomie der Zonula Zinnii. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 28. Abth. 2. 1882. — 7) Blix, Studier öfver glaskroppen. Medic. Arkiv. 1869. — 8) Bowman, W., Observations on the structure of the vitreous humour. Dublin quart. journal of med. science. 1848. — 9) Brailey, W. A., On the anatomy of the so-called pars ciliaris retinae and suspensory apparatus of the lens of the human eye. Guy's hospital reports.

3. series. Vol. XXIV. 1879. — 10) Brücke, E., Ueber den inneren Bau des Glaskörpers. Müller's Archiv 1843 und 1845. — 11) Carreras-Arago, L., Arteria hyaloidea persistens etc. Centralbl. f. pract. Augenheilk. 1881. — 12) Ciaccio, Beobachtungen über den inneren Bau des Glaskörpers im Auge des Menschen und der Wirbelthiere im Allgemeinen. Moleschott's Untersuch. zur Naturlehre. Bd. X. 1870. — 13) Ders., Sull' origine e struttura del umore vitreo etc. Rendiconti dell' accad. delle scienze dell' istit. di Bologna. 16. Maggio 1878. — 14) delle Chiaje, Osserv. anat. sull' occhio umano. 1838. — 15) Cloquet, Mémoire sur la membrane pupillaire et sur la formation du petit cercle arter. de l'iris. Paris 1818. — 16) Cobbold, Structure and development of the canal of Petit. Monthly Journal. Febr. 1852. — 17) Coccius, A., Ueber das Gewebe und die Entzündung des menschlichen Glaskörpers. Leipzig 1860. — 18) Ders., Zur gröberen Anatomie des Glaskörpers. Zehender's klinische Monatsblätter 1864. — 19) Cyon, E., Die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus. Sitzungsber. der Wiener Acad. Bd. 59. — 20) Czermak, W., Ein Fall einer in den Glaskörper vordringenden Gefässschlinge etc. Centralbl. f. prakt. Augenheilk. VII. 1883. — 21) Demours, Observation anatomique sur la structure cellulaire du corps vitré. Mémoires de Paris. 1741. — 22) Dessauer, Zur Zonulafrage. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. XXI. 1883. — 23) Döllinger, J., Ueber das Strahlenblättchen im menschlichen Auge. Nova acta acad. nat. cur. IX. 1818. — 24) Duncan, De corporis vitrei structura. Utrecht 1854. — 25) Eble, Ueber das Strahlenband im Auge. Ammon's Zeitschr. Bd. II. — 26) Emmert, E., Der Mechanismus der Accomodation etc. Archiv f. Augenheilk. X. 1881. — 27) Eversbusch, A. hyaloidea persistens. Bericht über die 15. Versamml. der ophthalmol. Gesellsch. in Heidelberg 1883. — 28) Ders., Klinisch-anatomische Beiträge zur Embryologie und Teratologie des Glaskörpers. Habilitationsschr. München 1882. — 29) Finkbeiner, F., Vergleichende Untersuchung der Structur des Glaskörpers bei den Wirbelthieren. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. Bd. 6. 1855. — 30) Gardiner, E. J., Ein Fall von Persistenz des Canalis hyaloideus und der Arteria hyaloidea. Archiv f. Augenheilkunde. Bd. X. 1881. — 31) Gerlach, J., Die Befestigung der Linse in der tellerförmigen Grube des Glaskörpers. Beiträge zur normalen Anatomie des menschlichen Auges. Leipzig 1880. — 32) Haensell, Ueber den Bau des Glaskörpers. Beilageheft zu den klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. XX. 1882. — 33) Hannover, A., Entdeckung des Baues des Glaskörpers. Müller's Archiv 1845. — 34) v. Hasner, Ueber das anatomische Verhältniss der Linsenkapsel zum Glaskörper. Deutsche Klinik. N. 12. 1851. — 35) Heiberg, Zur Anatomie und Physiologie der Zonula Zinnii. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 11. Abth. 3. — 36) Henke, Der Mechanismus der Accommodation für Nähe und Ferne. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 6. 1860. — 37) Hirschberg, Ueber Loewe's dritte Augenkammer. Berliner klin. Wochenschr. N. 14. 1878. — 38) Ders., Ein Fall von Persistenz der fötalen Glaskörpergefäße. Centralbl. f. praktische Augenheilk. 1883. — 39) Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Leipzig 1841. — 40) Jacobson, in Magendie, Physiologie. — 41) Iwanoff, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Glaskörpers. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XI. Abth. 1. 1865. — 42) Ders., Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Frosch-Glaskörpers. Medic. Centralbl. 1868. — 43) Ders., Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15, 2. 1869. — 44) Ders., Glaskörper. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. — 45) Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Virchow's Archiv Bd. 19, 1860. — 46) Kuhnt, Ueber einige Altersveränderungen im menschlichen Auge. Sitzungsber. der ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg 1881. (Zonula und Canalis Petiti). — 47) Ders., Ueber ein neues Endothelhäutchen im Auge. Bericht der ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg 1879. — 48) Lohmeyer, Beiträge zur Histologie und Aetiologie der erworbenen Linsenstaare. Zeitschrift f. rat. Medicin. Neue Folge. 5. Bd. 1854. — 49) Löwe, L., Ueber das Vorhandensein einer dritten Augenkammer. Berliner klin. Wochenschrift. N. 6 u. 13. 1878. — 50) Ders., Ueber die Existenz eines lymphatischen Hohlraumes im hinteren Drittel des Glaskörpers. Medic. Centralbl. N. 9. 1878. — 51) Ders., Beiträge zur Anatomie des Auges. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 15. 1878. — 52) Martegiani, Novae observationes de oculo humano. Neapel 1814. — 53) Merkel, F., Die Zonula ciliaris. Leipz. 1870. — 54) Müller, H., Untersuchungen über die Glashäute des Auges, insbesondere die Glaslamelle der Chorioidea und ihre senilen Veränderungen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. II. 1856. — 55) Ders., Ueber die Arteria hyaloidea als ophthalmoscopisches Object. Archiv f. Ophthalmol. II. 1856. — 56) Ders., Ueber die Netzhautgefäße von Embryonen. Würzb. naturw. Zeitschr. II. 1861. — 57) Neumann, E., Eine neue Untersuchungsmethode des Glaskörpers. Virchow's Archiv Bd. 23. 1862. — 58) Pagenstecher, H., Zur Pathologie des Glaskörpers. Archiv f. Augen- und Ohrenheilkunde. I. Bd. 2. Abth. 1870. — 59) Petit, Sur les deux espaces, que l'humeur aqueuse occupe dans l'oeil. Mémoire de l'acad. de Paris 1723. — 60) Potiechin, A., Ueber die Zellen des Glaskörpers. Virchow's Archiv Bd. 72. 1878. — 61) Ritter, C., Zur Histologie des Auges. 2. Das Epithel der Hyaloidea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XI. Abth. 1. 1865. — 62) Schulze, F. E., Der Ciliarmuskel des Menschen. M. Schultze's Archiv Bd. III. 1867. — 63) Schwalbe, G., Untersuchungen über die Lyuphbahnen des Auges u. ihre Begrenzungen. II. Theil. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. VI. 1870. — 64) Ders., De canali Petiti et de

zonula ciliari. Habilitationsschr. Halle 1870. — 65) Ders., Der Glaskörper in: Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde. Bd. I. S. 457. 1874. — 66) Ders., Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der Königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1872. — 67) Smith, Structure of the adult human vitreous humor. Lancet. Mai 1869. — 68) Sömmering, Ueber die Area Martegiana. Salzburger medic.-chirurg. Zeitung 1833. — 69) Stilling, J., Zur Theorie des Glaucoms. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 14, 3. 1868. — 70) Ders., Eine Studie über den Bau des Glaskörpers. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15, 3. 1869. — 71) Ulrich, R., Zur Anatomie und Physiologie des Canalis Petiti und der anstossenden Gewebe. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XXVI, 2. 1881. — 72) Valentin, G., Zur Anatomie des Fötusauges der Säugethiere. v. Ammon's Zeitschr. f. Ophthalm. III. 1833. — 73) Virchow, R., Ueber den menschlichen Glaskörper. Virchow's Archiv Bd. 4 u. 5. 1852 u. 1853. — 74) Virchow, H., Ueber Zellen des Glaskörpers. Archiv f. mikr. Anatomie Bd. 24. 1884. — 75) Ders., Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Auges. Berlin 1882. — 76) Weber, O., Ueber den Glaskörper. Virchow's Archiv Bd. 16. 1859. — 77) Ders., Ueber den Bau des Glaskörpers. Virchow's Archiv Bd. 19. 1860. — 78) Weber, M. J., Ueber das Strahlenblättchen im menschlichen Auge. Bonn 1827. — 79) Weiss, L., Beiträge zur Anatomie des myopischen Auges. Nagel's Mittheilungen. III. Heft. 1882. — 80) Wieger, G., Ueber den Canalis Petiti und ein Lig. hyaloideo-capsulare. Dissert. Strassburg 1883. — 81) v. Wittich, Verknöcherung des Glaskörpers. Virchow's Archiv Bd. 5. 1853. — 82) Zinn, De ligamentis ciliaribus. Götting. 1753.

VII. Cornea und Sclera.

1) v. Ammon, Zur genaueren Kenntniss des N. opticus, namentlich dessen intraocularen Endes. Prager Vierteljahrsschrift Bd. I. 1860. — 2) Angelucci, A., Ueber den Bau und die Entwicklung des vorderen Uvealtractus der Vertebraten. Medic. Centralbl. N. 24. 1879. — 3) Arnold, F., Ueber den Fontana'schen Canal im Menschenauge. Ammon's Zeitschrift Bd. II. und Tiedemann's Zeitschrift Bd. V. — 4) Arnold, J., Die Bindehaut der Hornhaut und der Greisenbogen. Heidelberg 1860. — 5) Ders., Die Vorgänge bei der Regeneration epithelialer Gebilde. Virchow's Archiv Bd. 46. 1869. — 6) Ayres, W. C., Beiträge zur Entwicklung der Hornhaut und der vorderen Kammer. Archiv f. Augenheilk. Bd. 8. 1879. — 7) Bochdalek, Ueber die Nerven der Sclerotica. Prager Vierteljahrsschrift. Bd. 24. 1849. — 8) Boddaert, Zur Histologie der Cornea. Medic. Centralbl. Nr. 22. 1871. — 9) Briggs, W. E., Notiz über die Bedeutung des Ligamentum iridis pectinatum. Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. 79. III. Abth. 1879. — 10) Canton, On the arcus senilis. London 1863. — 11) Charpy, A., Structure et accroissement des epitheliums de la cornée et de la peau. Lyon médical N. 21. T. XI. 1878. — 12) Chelius, M. J., Ueber die durchsichtige Hornhaut des Auges. Karlsruhe 1818. — 13) Clason, E., Om corneas epithel. Upsala läkareförenings förhand. Bd. IV. — 14) Classen, Ueber die Histologie der Hornhaut. Habilit. Schrift. Rostock 1858. — 15) Cleland, On the epithelium of the cornea of the ox. Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. — 16) Clemens, Diss. sist. tunicae corneae et humoris aquei monogr. Gött. 1816. — 17) Ciaccio, J., On the nerves of the cornea etc. Quart. journ. of micr. science. 1863. — 18) Ders., Osservazioni intorno alla membrana del Descemet e al suo endotelio. Memorie dell' accad. di Bologna. Ser. III. T. V. 1875. — 19) Ders., Sopra il distribuimento e terminazione delle fibre nervee nella cornea. Memorie dell' accad. delle scienze dell' istituto di Bologna 1881. — 20) Coccius, Ueber die Ernährungsweise der Hornhaut und die Serum führenden Gefässe des menschlichen Körpers. Leipzig 1852. — 21) Cohnheim, J., Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut. Medic. Centralbl. N. 26 1866 und Virchow's Archiv Bd. 38. — 22) Demours, Observations sur la cornée. Mémoires de l'acad. de Paris 1741. — 23) Denissenko, G., Untersuchungen über die Ernährung der Hornhaut. Virchow's Archiv Bd. 86. 1881. — 24) Ders., Zur Frage der Ernährung der Cornea. Klinische Monatsbl. f. Augenheilkunde. XX. 1882. — 25) Descemet, An sola lens crystallina cataractae sedes. Dissert. Paris 1758. — 26) Ditlevsen, J. G., Hornhindens nerver. Nordiskt medic. arkiv. Bd. X. 1878. — 27) Donders, F. C., Imbibitionserscheinungen der Hornhaut und Sclerotica. Graefe's Archiv Bd. III, 1. 1857. — 28) Dornblüth, Ueber den Bau der Cornea oculi. Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. 8. 1856. — 29) Durante, F., Sulla terminazione dei nervi nella cornea. Ricerche fatte nel laborat. di anat. normali della univers. di Roma. 1873. — 30) Eberth, C. J., Experimentelle Untersuchungen über die Entzündung der Hornhaut. Unters. aus dem pathol. Inst. zu Zürich. Heft II. 1874. — 31) Ders., Die centrale Keratitis. Unters. aus dem pathol. Inst. zu Zürich. 3. Heft 1875. — 32) Eberth u. Wadsworth, Die Regeneration des Hornhaut-epithels. Virchow's Archiv Bd. 51. 1870. — 33) Eloui, Recherches histologiques sur le tissu connectif de la cornée des animaux vertébrés. Paris 1881. — 34) Emery, C., La cornea dei pesci ossei. Giornale di scienze natur. ed econ. Palermo. Vol. XIII. 1878. — 35) Engelmann, Th. W., Ueber die Hornhaut des Auges. Leipzig 1867. — 36) Erdl, M., Disquisi-

tionum anat. de oculo pars I. De membrana sclerotica. Monach. 1839. — 37) v. Ewetsky, Th., Ueber das Endothel der Membrana Descemeti. Untersuch. aus dem pathol. Inst. zu Zürich. Heft III. 1875. — 38) Fleischl, E. v., Ueber eine optische Eigenschaft der Cornea. Wiener Sitzungsber. Bd. 82. Abth. 3. 1880. — 39) Flemming, W., Ueber den Ciliarmuskel der Haussäugethiere. Archiv f. mikr. Anat. Bd. IV. 1868. — 40) Fontana, Ueber einen neuen Canal im Auge. Abhandl. über das Viperngift. Berlin 1787. — 41) Fuchs, E., Ueber die traumatische Keratitis. Virchow's Archiv Bd. 66. 1876. — 42) Ders., Ueber die Trübung der Hornhaut bei Glaucom. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 27. III. Abth. 1882. — 43) Genersich, Zur Lehre von den Saftkanälchen in der Cornea. Wiener medic. Jahrbücher 1871. — 44) Gerlach, J., Ueber das prismatisch gestaltete Ringband der Ciliargegend des menschlichen Augapfels. Beiträge zur normalen Anatomie des menschlichen Auges. 1880. — 45) Gerson, H., Dissert. de forma corneae oculi humani. Götting. 1810. — 46) Haase, Ueber das Ligamentum pectinatum iridis. Archiv f. Ophthalmologie. XIV, 1. 1868. — 47) Haensel, P., Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Hornhautgrundsubstanz bei traumatischer Keratitis. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 27. Abth. II. 1881. — 48) Hannover, A., Funiculus sclerae, un reste de la fente foetale de l'oeil. Copenhagen 1876. — 49) Hansen, A., Untersuchungen über die entzündlichen Veränderungen der Hornhautkörper. Wiener medic. Jahrbücher 1871. — 50) Harpeck, C., Ueber die Bedeutung der nach Silberinprägnation auftretenden weissen lücken- u. spaltähnlichen Figuren in der Cornea. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1864. — 51) Hartmann, R., Ueber die durch den Gebrauch der Höllensteinlösung künstlich dargestellten Lymphgefässanhänge, Saftkanälchen und epithelähnlichen Bildungen. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1864. — 52) Hassloch, W., Untersuchungen über den feineren Bau der Hornhaut. Archiv f. Augen- und Ohrenheilk. Bd. 7. 1878. — 53) Heiberg, H., Ueber die Neubildung des Hornhautepithels. Wiener medic. Jahrbücher 1871. — 54) Heisrath, F., Ueber den Zusammenhang der vorderen Augenkammer mit den vorderen Ciliarnerven. Archiv f. mikrosk. Anatomie. XV. 1878. — 55) Ders., Ueber die Abflusswege des Humor aqueus, mit besonderer Berücksichtigung des sogenannten Fontana'schen und Schlemm'schen Canales. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 26. Abth. I. 1880. — 56) Heister, L., De humore oculi aqueo etc. Ephem. nat. cur. cent. 7 et 8. 1728. — 57) Helfreich, F., Ueber die Nerven der Conjunctiva und Sclera. Würzburg 1870. — 58) Hibl, R., Diss. de cornea. Vindobonae 1833. — 59) His, W., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. Basel 1856. — 60) Ders., Ueber die Einwirkung des salpetersauren Silberoxyds auf die Hornhaut. Schweizer. Zeitschrift f. Heilkunde II. 1863. — 61) Hoene, J., Beiträge zur Histologie der Hornhaut. Wiener medic. Jahrbücher 1882. — 62) Hoffmann, F. A., Ueber Contractilitätsvorgänge im vorderen Epithel der Froschhornhaut. Diss. Berlin 1868. — 63) Ders., Epithelneubildung auf der Cornea. Virchow's Archiv Bd. 51. 1870. — 64) Hosch, F., Ueber die angebliche Contractilität der Knorpelzellen u. Hornhautkörperchen. Pflüger's Archiv 1873. — 65) Hoyer, H., Ein Beitrag zur Histologie bindegewebiger Gebilde. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1865. — 66) Ders., Ueber den Austritt von Nervenfasern in das Epithel der Hornhaut. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1866. — 67) Ders., Ueber die Nerven der Hornhaut. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 9. 1873. — 68) Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Leipzig 1841. — 69) Ihlder, Eine die Existenz von Safräumen in der Hornhaut des lebenden Frosches beweisende Beobachtung. Medic. Centralbl. N. 24. 1876. — 70) Iwanoff und Rollett, Bemerkungen zur Anatomie der Irisanheftung und des Annulus ciliaris. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15. I. 1869. — 71) Izquierdo, V., Beiträge zur Kenntniss der Endigung der sensiblen Nerven. Dissert. Strassburg 1879. — 72) Klebs, E., Das Epithel der hinteren Hornhautfläche. Medic. Centralbl. N. 33. 1864. — 73) Klein, E., The termination of the nerves in the mammalian cornea. Quart. journ. of micr. science. 1880. — 74) Knapp, J. H., Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. Habilitationsschr. Heidelberg 1860. — 75) Kölliker, A., Ueber die Nerven der Hornhaut. Mitth. der naturf. Gesellsch. in Zürich N. 19. 1848. — 76) Ders., Ueber die Nervenendigungen in der Hornhaut. Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. 6. 1866. — 77) Königstein, Das Verhalten der Nerven zu den Hornhautkörperchen. Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 71. März 1875. — 78) Ders., Beobachtungen über die Nerven der Cornea und ihre Gefässe. Wiener Sitzungsberichte Bd. 76. III. 1877. — 79) Ders., Ueber die Endigung der Tunica Descemetii. Archiv f. Ophthalmologie Bd. 25. Abth. 3. 1879. — 80) Ders., Ueber den Canalis Schlemmii. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. Abth. II. 1880. — 81) Ders., Ueber die Nerven der Sclera. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XVII, 3. 1881. — 82) Krause, W., Ueber das vordere Epithel der Cornea. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1870. — 83) Kühne, W., Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864. — 84) Langerhans, P., Ueber mehrschichtige Epithelien. Virchow's Archiv Bd. 58. 1873. — 85) Langhans, T., Das Gewebe der Hornhaut im normalen und pathologischen Zustande. Zeitschr. f. ration. Medicin. 3. Reihe. Bd. 12. — 86) Lavdowsky, M., Das Saugadersystem und die Nerven der Cornea. Archiv f. mikr. Anatomie Bd. 8. 1872. — 87) Leber, Th., Ueber die Lymphwege der Hornhaut. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde 1866. — 88) Ders., Zur Kenntniss der Imprägnations-

- methoden der Hornhaut und ähnlicher Gewebe. Archiv f. Ophthalmologie Bd. 14. 1868. — 89) Ders., Bemerkungen über den Schlemm'schen Canal. Medic. Centralbl. S. 872. 1869. — 90) Ders., Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Archiv f. Ophthalmologie Bd. 19. Abth. II. 1873. — 91) Ders., Ueber die intercellularen Lücken des vorderen Hornhaut-epithels. Archiv f. Ophthalmologie Bd. 24. I. 1878. — 92) Ders., Historische Notizen über den Circulus oder Plexus ciliaris venosus. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. Abth. II. 1880. — 93) Lightbody, On the comparative microsc. anatomy of the cornea of vertebrates. Journal of anat. and phys. I. 1866. — 94) Lipmann, H., Ueber die Endigung der Nerven im eigentlichen Gewebe und im hinteren Epithel der Hornhaut des Frosches. Virchow's Archiv Bd. 48. — 95) Löwig, R. A., Quaestiones de oculo physiologicae. Dissert. Breslau 1857. — 96) Ders., Beiträge zur Morphologie des Auges. Reichert's Studien des physiologischen Instituts in Breslau. 1858. — 97) Lott, G., Ueber den feineren Bau und die physiologische Regeneration der Epithelien insbesondere des Corneaepithels. Medic. Centralbl. N. 37. 1871 und Rollett, Unters. aus dem physiol. Institut zu Graz. Heft III. 1873. — 98) Luschka, Die Nerven der durchsichtigen Augenhaut. Zeitschrift f. rat. Medicin. Bd. X. 1850. — 99) Macdonald, J. D., On the anatomy of the border of the posterior elastic lamina of the cornea. Quart. journ. of micr. science. 1875. — 100) Mayzel, W., Ueber eigenthümliche Vorgänge bei der Theilung der Kerne in Epithelialzellen. Medic. Centralblatt. N. 50. 1875. — 101) Mensonides, Onderzoekingen over de glasachtige vliezen in het gezonde en zieke oog. Nederlandsch lancet. 2. ser. IV Jaar. 1849. — 102) Meyerowitz, Th., Mikroskopische Untersuchungen über die normalen Hornhautzellen und deren Veränderungen bei der traumatischen Keratitis. Dissert. Königsberg 1875. — 103) Meyr, L., Ueber die Trübungen der Hornhaut in Folge mechanischen Drucks und Quellung. München 1856. — 104) Michel, J., Beiträge zur näheren Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges. Archiv f. Ophthalmol. XVIII, 1. 1872. — 105) Ders., Die Cornealleiste des menschlichen Embryo. Festschrift zur Feier des 300j. Bestehens der Universität Würzburg. 1882. — 106) Moseley, H. N., Some remarks on the nerves of the cornea of the rabbit and frog. Quart. journ. of micr. sc. 1871. — 107) Müller, C. F., Histologische Untersuchungen über die Cornea. Virchow's Archiv Bd. 41. 1867. — 108) Müller, H., Untersuchungen über die Glashäute des Auges. Archiv f. Ophthalm. II, 2. 1856. — 109) Pappenheim, Ueber die Nerven der Hornhaut. v. Ammon's Zeitschr. II. 1839 und III. 1840. — 110) Pelechin, Ueber den sogen. Canal von Fontana oder Schlemm. Archiv f. Ophthalm. Bd. 13. Abth. II. 1865. — 111) Petermöller, H., Die Nerven der Cornea. Zeitschrift f. rat. Medicin. 3. R. Bd. 34. — 112) v. Pfungen, Studien über Entzündung der Frosch-Cornea. Wiener med. Jahrbücher 1873. — 113) Pflüger, Zur Ernährung der Cornea. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XX. 1882. März u. November. — 114) Preiss, O., Das v. Recklinghausen'sche Saftflückensystem in der Membrana Descemetii. Medic. Centralblatt N. 51. 1880. — 115) Ders., Beobachtungen an der Membrana Descemetii. Virchow's Archiv Bd. 84. 1881. — 116) Ders., Die Lymphbahnen der Membrana Descemetii und ihr Zusammenhang mit der Hornhaut. Virchow's Archiv. Bd. 87. 1882. — 117) Ders., Weitere Beiträge zur Erkenntniss der Durchströmbarkeit des Zellenmaterials selbst. 1. Das Verhältniss der Hornhautfasern (oder Lymphröhrchen) zu den Hornhautzellen. 2. Der Capillarkreislauf am Hornhautrande. Virchow's Archiv Bd. 89. 1882. — 118) Priestley, J., Note on certain peculiar cells of the cornea described by Dr. Thin. Journal of anat. and phys. V. Oct. 1875. — 119) Raehlmann, E., Zur Histologie der Cornea. Archiv f. Ophthalmologie Bd. 23. Abth. 1. 1877. — 120) Ders., Ueber parenchymatöse Keratitis. Archiv f. experim. Pathologie. VII. 1877. — 121) Ranvier, Sur les procédés d'étude des corpuscules transparents de la cornée. Gazette médic. de Paris. N. 10. 1879. — 122) Ders., Leçons d'anatomie générale. Cornée. 1881. — 123) v. Recklinghausen, Die Lymphgefäße und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862. — 124) Ders., Ueber Eiter- und Bindegewebskörperchen. Virchow's Archiv Bd. 28. — 125) Reich, M. J., Ueber Regeneration der Hornhaut. Medic. Bote. Petersburg 1873. — 126) Renaut, J., Sur les confluent linéaires et lacunaires du tissu conjonctif de la cornée. Comptes rendus. T. 90. N. 3. 1880. — 127) Retzius, A., Ueber den Circulus venosus im Auge. Müller's Archiv 1834. — 128) v. Reuss, A., Untersuchungen über den Einfluss des Lebensalters auf die Krümmung der Hornhaut. Archiv f. Ophthalm. Bd. 27. Abth. I. 1881. — 129) Ribbert, H., Beiträge zur Anatomie der Hautdecken bei Säugethieren. Archiv f. Naturgesch. 44. Jahrg. 1878. — 130) Richiardi, S., Note sull' anatomia del dromedario. Pisa 1879. — 131) Ders., Sui vasi sanguiferi della cornea. Zool. Anzeiger N. 76. 1881. — 132) Rieke, De tunica cornea quaedam. Berol. 1829. — 133) Rollett, A., Ueber die Hornhaut. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. II. 1872. — 134) Ders., Ueber das Gefüge der Substantia propria corneae. Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 33. 1859. — 135) Ders., Ueber die Contractilität der Hornhautkörperchen und die Hornhauthöhlen. Medic. Centralbl. N. 13. 1871. — 136) Rothholz, Zur Aetiologie des Staphyloma posticum sclerae. Archiv f. Ophthalm. Bd. 27. Abth. 2. 1881. — 137) Rouget, Ch., Note sur la structure de l'oeil et en particulier sur l'appareil irio-choroïdien. Compt. rend. et Mém. de la Soc. de biol. 1856. — 138) Saemisch, Th., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie des Auges. 1862. — 139) Sasse, H. F. A., Zur

Chemie der Descemet'schen Membran. Unters. des physiol. Instituts d. Univers. Heidelberg II. 1879. — 140) Schalygen, C., Ueber Hornhautepithel und besonders über Vermehrung der Zellen desselben. Archiv f. Ophthalm. Bd. XII. Abth. 1. — 141) Schelske, Ueber das Verhältniss des intraoculären Druckes und der Hornhautkrümmung des Auges. Archiv f. Ophthalm. X, 2. 1864. — 142) Schlemm, Rust's Handbuch der Chirurgie 1832. — Encyclop. Wörterb. der med. Wissensch. Bd. IV. — v. Ammon's Zeitschr. f. Ophthalm. Bd. I. 1831. — 143) Schultz, Fr., Experimentelle Studien über Degeneration und Regeneration der Cornealnerven. Dissert. Dorpat 1881. — 144) Schwalbe, G., Ueber ein mit Endothel bekleidetes Höhlensystem zwischen Chorioidea und Sclerotica. Medicinisches Centralblatt N. 54. 1868. — 145) Ders., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. II. Thl. M. Schultze's Archiv Bd. VI. 1870. — 146) Schweigger, Ueber den Bau der Hornhaut. Allgem. medic. Centralz. N. 4. 1862. — 147) Schweigger-Seidel, F., Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges. Berichte der sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1869. — 148) Sczelkow, J., Zur Frage über die Veränderung der Hornhautkrümmung mit zunehmendem Alter. Medic. Centralbl. N. 44. 1880. — 149) Stirling, W., and Skinner, D., On the epithelium of the cornea. Journal of physiol. I. 1879. — 150) Stricker, S. und Norris, W., Versuche über Hornhautentzündung. Studien aus dem Institut f. exper. Pathologie in Wien. I. 1870. — 151) Strube, Der normale Bau der Hornhaut und die pathologischen Abweichungen in demselben. Dissertation. Würzburg 1851. — 152) Swaen, A., Des éléments cellulaires et des canaux plasmatiques dans la cornée de la grenouille. Bulletins de l'acad. royale de Belgique. 2^{me} série. t. 42. N. 7. Juillet 1876. — 153) Tamamscheff, J., Ueber die Membrana Demoursiana. Medic. Centralbl. 1869. — 154) v. Thanhoffer, L., Beiträge zur Physiologie und Histologie der Hornhaut des Auges. Virchow's Archiv Bd. 63. 1875. — 155) Ders., Ueber die Entzündung nebst einigen Bemerkungen über die Structur der Hornhaut. Med. Centralbl. Nr. 49. 1877. — 156) Thin, G., On the lymphatic system of the cornea. Lancet 1874. — 157) Ders., Les faisceaux de la cornée démontrés par l'imprégnation du nitrate d'argent. Archives de physiol. 1877. — 158) Todd and Bowman, The physiological anatomy and physiology of man II. 1856. — 159) Tolotschinoff, Ueber die Nervenendigung in der Epithelschicht der Hornhaut vom Menschen. Dissertation. St. Petersburg 1867. — 160) Unna, M. A., Comm. de tunica humoris aquei. Heidelberg 1836. — 161) Vossius, A., Ueber das Wachsthum und die physiologische Regeneration des Epithels der Cornea. Archiv f. Ophthalm. Bd. 27. Abth. III. 1882. — 162) Waldeyer, W., Cornea in: Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde. I. 1874. — 163) Ders., Ueber Bindegewebszellen. Archiv f. mikr. Anatomie Bd. XI. 1875. — 164) Ders., Ueber die Endigungsweise der sensiblen Nerven. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. — 165) Wilckens, M., Ueber die Entwicklung der Hornhaut des Wirbelthierauges. Zeitschr. f. ration. Medicin. III. R. Bd. 11. 1861. — 166) Winther, A., Untersuchungen über den Bau der Hornhaut. Giessen 1856 und Virchow's Archiv Bd. X. 1856. — 167) Wolff, W., Die Nerven der Cornea. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 20. 1881. — 168) Wolfring, Beitrag zur Histologie der Lamina cribrosa sclerae. Archiv f. Ophthalm. Bd. 18, 2. 1872. — 169) v. Wyss, H., Ueber Wundheilung der Hornhaut. Virchow's Archiv Bd. 69. 1877. — 170) Zangarino, Das Lig. iridis pectinatum während der Entwicklung. Schenk, Mittheil. aus dem embryol. Institut d. Univers. Wien. 1880. — 171) Zelinka, C., Ueber die Nerven in der Cornea der Knochenfische. Zoologischer Anzeiger N. 86. 1881. — 172) Ders., Die Nerven der Cornea der Knochenfische u. ihre Endigung im Epithel. Archiv f. mikrosk. Anat. 21. 1882.

VIII. Chorioides und Corpus ciliare.

1) v. Ammon, Beiträge zur Anatomie etc. des Orbiculus ciliaris. v. Ammon's Zeitschrift. Bd. II. 1832. — 2) André, J. et Beauregard, Sur le peigne ou marsupium de l'oeil des oiseaux. Comptes rendus T. 79. 1875. — 3) Arlt, Zur Anatomie des Auges. Graefe's Archiv Bd. III, 2. 1857. — 4) Beauregard, H., Recherches sur les réseaux vasculaires de la chambre postérieure de l'oeil des vertébrés. Ann. d. sc. natur. 6. Ser. T. IV. 1876. — 5) Becker, O., Ueber die Lage und Function der Ciliarfortsätze am lebenden Menschenauge. Wiener medic. Jahrb. 1863. — 6) Berlin, R., Der normale Augenhintergrund des Pferdes. Zeitschr. f. vergl. Augenheilk. 1882. — 7) Bochdalek, Beiträge zur Anatomie des Auges. Ueber das Lig. ciliare und die Nerven der Chorioidea und über die Lamina fusca. Prager Vierteljahrsschr. I. 1850. — 8) Bruch, Zur Kenntniss des körnigen Pigments. Zürich 1844. — 9) Brücke, E., Ein neuer Muskel im Auge (Tensor chorioideae). Med. Zeit. des Vereins f. Heilkunde in Preussen N. 27. — 10) Ders., Ueber die sog. leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren. Müller's Archiv 1845. — 11) Ders., Ueber den Musculus Cramptonianus und den Spannmuskel der Chorioidea. Müller's Archiv 1846. — 12) Chrétien, H., La choroïde et l'iris. Thèse de Paris. 1876. — 13) Dechen, De musculo Brückiano. Diss. 1856. —

- 14) Denissenko, G., Ueber den Bau und die Function des Kammes im Auge der Vögel. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 19. 1881. — 15) Erofew, Zur Lehre von den intraoculären Muskeln des Menschen. Dissert. Petersburg 1880. — 16) Eschricht, Beobachtungen an dem Seehundsauge. Müller's Archiv 1838. — 17) Exner, S., Ueber die Function des Musculus Cramptonianus. Sitzungsber. d. Wiener Acad. Bd. 85. III. Abth. Januar 1882. — 18) Flemming, W., Zur vergleichenden Histologie des Ciliarmuskels. Med. Centralbl. N. 40. 1868. — 19) Ders., Ueber den Ciliarmuskel der Haussäugethiere. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. IV. 1868. — 20) Fürst, C. M., Till fragan om „Musculus chorioideae“ samt om choriokapillärkärlets endotel. Nord. med. arkiv. 1880. XII. n. 12. — 21) Gerlach, J., Ueber die Beziehungen des ciliaren Ursprungs der Iris zu dem Brücke'schen Muskel. Sitzungsber. der phys. med. Soc. zu Erlangen. 18. Nov. 1879. — 22) Goldzieher, W., Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Aderhaut. Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde. VII. 1883. — 23) Grünhagen, Die Nerven der Ciliarfortsätze des Kaninchens. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 22. 1883. — 24) Haase, G., Zur Anatomie der Chorioidea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XIV. 1. Abth. 1868. — 25) Hällstén og Tigerstedt, Till kändedom om chorioidea hos kanin. Nord. med. arkiv. 9. Bd. 1877. — 26) Heister, L., De tunica oculi chorioidea. Harderov. 1738. — 27) Hensen und Völkers, Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Accommodation. Kiel 1868. — 28) Hoffmann, C. K., Ueber das Tapetum chorioideum bei den Seehunden. Nederl. Archiv f. Zool. III. 1876. — 29) Hovius, J., De circulari humorum motu in oculis. Lugduni Bat. 1716. — 30) Hueck, A., Die Bewegungen der Krystalllinse. Dorpat 1839. — 31) Hüttenbrenner, Untersuchungen über die Binnenmuskeln des Auges. Wiener Sitzungsber. 1868. — 32) Hulke, The ciliary muscle and cristalline lens in man. Monthly micr. journ. 1870. — 33) Iwanoff u. Rollett, A., Bemerkungen zur Anatomie der Irisanheftungen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15. — 34) Iwanoff, A., Beiträge zur Anatomie des Ciliarmuskels. Archiv f. Ophthalm. Bd. XV, 3. 1869. — 35) Ders., Tunica vasculosa. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. — 36) Ders., Der Uvealtractus. Handbuch der gesamten Augenheilk. von Graefe u. Saemisch. Bd. I. 1874. — 37) Klebs, Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. III. Virchow's Archiv Bd. 21. 1861. — 38) Krause, C., Ueber die Pigmenthaut. Müller's Archiv 1837. — 39) Krause, W., Anatomische Untersuchungen. Hannover 1861. S. 91. Ganglienzellen im Orbiculus ciliaris. — 40) Langenbeck, M., Die Insolation des menschlichen Auges, der Glaskörperstich u. die Accommodationsfasern. Hannover 1859. — 41) Lee, R. J., Observations on the ciliary muscle in fish, birds and quadrupeds. Journal of anat. and phys. III. 1868 und Proceedings of the royal society XX. 1872. — 42) Macdonald, On the minute anatomy of some parts concerned in the functions of accommodation to distance. Quart. journ. of med. sc. 1870. — 43) Mannhardt, J., Bemerkungen über den Accommodationsmuskel und die Accommodation. Archiv f. Ophthalmol. IV, 1. 1858. — 44) Mercanti, F., Recherches sur le muscle ciliaire des reptiles. Archives italiennes de biologie. T. IV. 1883. — 45) Meyer, G., Ueber die Strukturverhältnisse des Annulus ciliaris bei Menschen und Säugethiere. Virchow's Archiv Bd. 34. 1865. — 46) Mihalkovics, V., Untersuchungen über den Kamm des Vogel- auges. Archiv f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873. — 47) Morano, Ueber die Lymphscheiden der Gefässe der Chorioidea. Medic. Centralbl. 1874. — 48) Ders., Della guaina linfatica dei vasi della corioidea. Annali d'ottalmol. VI. fasc. 1. 1877. — 49) Müller, H., Untersuchungen über die Glashäute des Auges, insbesondere die Glaslamelle der Chorioidea und ihre senilen Veränderungen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. II. 1856. — 50) Ders., Ueber den Accommodationsapparat im Auge der Vögel, besonders der Falken. Archiv f. Ophthalm. Bd. III. 1857. — 51) Ders., Ueber einen ringförmigen Muskel am Ciliarmuskel des Menschen und über den Mechanismus der Accommodation. Archiv f. Ophthalm. Bd. III. 1857. — 52) Ders., Einige Bemerkungen über die Binnenmuskeln des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. IV. 1858. — 53) Ders., Ueber glatte Muskeln und Nervengeflechte der Chorioidea im menschlichen Auge. Verhandl. der phys. med. Ges. in Würzburg. X. 1859. — 54) Ders., Ueber Ganglienzellen im Ciliarmuskel des Menschen. Sitzungsber. der physik. med. Ges. in Würzburg. X. 1859. — 55) Nuel, J. P. und Hosch, Fr., Verslagen en mededeel. d. kon. Acad. v. wetensch. te Amsterdam. II. reeks. 8. 1874. — 56) Pagenstecher, A., Notiz über den hinteren Chorioidealmuskel im Auge der Vögel. Verhandl. der phys. med. Ges. in Würzburg. X. 1859. — 57) Preusse, M., Ueber das Tapetum der Haussäugethiere. Archiv f. wissenschaft. u. prakt. Thierheilk. Bd. 8. 1882. — 58) van Reeken, Ontleedkundig onderzoek van den toestel voor accommodatie van het oog. Nederl. Lancet. 1855. — 59) Ribes, F., Mém. sur les procès ciliaires, sur le corps vitré etc. Mém. de la soc. d'émulation. Vol. 8. 1817. — 60) de Rosset, M. J., The muscle of accommodation and its mode of action. The Americ. journal of the med. sc. Vol. 75. 1878. — 61) Ruysch, Responsio in epist. XIII. de oculorum tunicis. Amst. 1737. — 62) Rudnew, Virchow's Archiv Bd. 53. 1871. — 63) Sattler, H., Ueber den feineren Bau der Chorioidea des Menschen nebst Beiträgen zur pathologischen und vergleichenden Anatomie der Aderhaut. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 22. 1876. — 64) Ders., Ueber die Tapete der Säugethiereaugen und analoge Bildungen in der Aderhaut des Menschen. Wiener medic. Jahrbücher. 1876. — 65) Schultze, M., Ueber das Tapetum in der Cho-

rioides des Auges der Raubthiere. Sitzungsber. der niederrh. Gesellsch. zu Bonn. 1871. — 66) Schulze, F. E., Der Ciliarmuskel des Menschen. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. III. 1867. — 67) Schwalbe, G., Ueber ein mit Endothel bekleidetes Höhlensystem etc. Medic. Centralbl. N. 54. 1868. — 68) Ders., Der Arachnoidalraum ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perchorioidalraum. Ebenda Nr. 30. 1869. — 69) Ders., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges u. ihre Begrenzungen. M. Schultze's Archiv Bd. VI. 1870. — 70) Schweigger, C., Ueber die Ganglienzellen und blassen Nerven der Chorioidea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. VI. Abth. 2. 1860. — 71) Soemmering, S. Th., Ueber das feinste Gefässnetz der Aderhaut im Augapfel. Denkschriften d. k. Akademie d. Wissensch. München 1821. — 72) Tournoux, F., Contribution à l'étude du tapis chez les mammifères. Robin et Pouchet, Journal de l'anat. 1878. — 73) Virchow, H., Ueber die Gefässe der Chorioidea des Kaninchens. Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. N. F. Bd. 16. 1881. — 74) Warlomont, Le muscle ciliaire. Annales d'oculistique. T. 73. 11. Série. T. 3. 1876. — 75) Wende, B., Beiträge zur Geschichte und zur Anatomie des Ciliarmuskels. Dissert. Berlin 1869 und Archiv f. Anat. 1870. — 76) v. Wittich, Eine Lage quergestreifter Muskelbündel in der Chorioidea der Vögel. Zeitschrift f. wissensch. Zool. IV. 1853. — 77) Ders., Ueber den Bau der Chorioidea des Säugethier- und Vogelauges. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. II. Abth. 1. 1855.

IX. Iris.

1) Arnold, J., Ueber die Nerven und das Epithelium der Iris. Virchow's Archiv Bd. 27. 1863. — 2) Arlt, Beitrag zur Kenntniss der Zeitverhältnisse bei den Bewegungen der Iris. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15. — 3) Bruch, Zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere. Zürich 1844. — 4) Budge, Ueber die Bewegung der Iris. Bonn 1855. — 5) Calderini, G., Del contatto dell' iride colla lenta cristallina nell' occhio umano. Torino 1868. — 6) Cloquet, Mémoire sur la membrane pupillaire. Paris 1818. — 7) Cohn, H., Zur Anatomie der persistirenden Pupillarmembran. Centralbl. f. Augenheilk. 1881. — 8) Dogiel, J., Ueber den M. dilatator pupillae. Med. Centralbl. N. 22. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. VI. 1869. — 9) Eversbusch, O., Vergleichende Studien über den feineren Bau der Iris. Zeitschrift f. vergl. Augenheilk. 1. Heft. 1882. — 10) Faber, C., Der Bau der Iris des Menschen u. der Wirbelthiere. Leipzig 1876. — 11) Formad, H., The distribution of nerves in the iris. Americ. journal of med. science. Vol. 75. 1878. — 12) Fürst, C. M., Om nerverna i iris. Nord. med. arkiv 1880. XII. n. 19. — 13) Ders., Ueber die Nerven der Iris. Biolog. Untersuchungen von Retzius. 1881. — 14) Gaspary, J. J., Diss. descriptio iridis anatomica et physiol. Berolin. 1820. — 15) Gottsche, J. M., Ueber das Pigment des Auges. Pfaff's Mittheil. 1836. — 16) Grimelli, On the vascular structure of the iris. London and Edinb. monthly journ. 1842. — 17) Grünhagen, A., Ueber Irisbewegung. Virchow's Archiv Bd. 30. 1864. — 18) Ders., Ueber das Vorkommen eines Dilatator pupillae in der Iris des Menschen und der Säugethiere. Zeitschrift f. rat. Med. Bd. 28. 1866. — 19) Ders., Zusatz zur Arbeit von Schur: „Ueber den Einfluss des Lichtes, der Wärme und einiger anderer Agentien auf die Weite der Pupille. Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 31. 1868. — 20) Ders., Ueber den vermeintlichen Dilatator pupillae der Kaninchen-Iris. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 36. 1869. — 21) Ders., Ueber die hintere Begrenzungsschichte der menschlichen Iris. Archiv f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873. — 22) Ders., Zur Frage über die Irismuskulatur. Archiv f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873. — 23) Hall, R. C., On structure and function of the iris. Dublin medic. press. 1843. — 24) Hampeln, P., Ein Beitrag zur Anatomie der Iris. Dissertation. Dorpat 1869. — 25) Henle, De membrana pupillari. Dissert. Bonnae 1832. — 26) Herzberg, E., Disquis. quaedam anatomico-physiol. circa iridem. Berolini 1820. — 27) Hirschberg, J., Ein Fall von Aderhautgeschwulst nebst anatomischen Bemerkungen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XXII. Abth. I. 1876. — 28) v. Hüttenbrenner, Untersuchungen über die Binnenmuskeln des Auges. Sitzungsber. der Wiener Academie. Bd. 57. Abth. I. 1868. — 29) Ders., Ueber eigenthümliche Zellen in der Iris des Huhnes. 1869. — 30) Kobelt, Ueber den Sphincter der Pupille. Frorieps neue Notizen. N. 302. 1840. — 31) Königstein, L., Ueber die Pupillarmembran. Archiv f. Ophthalm. Bd. 27. Abth. 3. 1881. — 32) Krohn, A., Ueber die Struktur der Iris der Vögel. Müller's Archiv 1837. — 33) Lenhossek, J., De iride. Budae 1841. — 34) Luschka, Die Anatomie des menschlichen Kopfes. Tübingen 1867. — 35) Manz, W., Ueber albinotische Menschengen. Archiv f. Ophthalm. Bd. XXIV. 4. Abth. 1878. — 36) Maunoir, Mémoire sur l'organisation de l'iris. Paris 1812. — 37) Merkel, F., Zur Anatomie der Iris. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 31. 1868. — 38) Ders., Der Dilatator pupillae. Entgegnung an Herrn Dr. Grünhagen. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 34. 1869. — 39) Ders., Die Muskulatur der menschlichen Iris. Rostock 1873. — 40) Meyer, A., Die Nervenendigungen in der Iris. Medic. Centralbl. N. 7. 1878. — 41) Ders., Die Nervenendigungen in der Iris. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 17. 1879. — 42) Michel, J., Die histologische Structur des Irisstroma. Erlangen 1875. — 43) Ders., Ueber die normalen

histologischen Verhältnisse und die pathologisch-anatom. Veränderungen des Irisgewebes. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XIX. Beilageheft. 1881. — 44) Ders., Ueber Iris und Iritis. Archiv f. Ophthalm. Bd. 27. Abth. 2. 1881. — 45) Palmedo, U., Comm. de iride. Berol. 1837. — 46) Pause, C., Ueber die Nerven der Iris. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 23. Abth. 3. 1877. — 47) Petrequin, Untersuch. über die Bewegung der Lider, die Insertion der Augenmuskeln, die Farbe der Iris. Annales d'oculistique 1843. — 48) Rouget, C., Note sur la structure vasculaire de l'iris et de la choroïde. Gaz. med. N. 9. 1856. — 49) Ders., Note sur la convexité de l'iris et la non-existence d'une chambre postérieure de l'oeil. Gaz. med. N. 50. 1856. — 50) Ders., Recherches anat. et physiol. sur les appareils erectiles, appar. de l'adoption de l'oeil. Compt. rendus. 19. Mai 1856. — 51) Schwalbe, G., Ueber die Lymphbahnen des Auges u. ihre Begrenzungen. M. Schultze's Archiv Bd. VI. II. Abth. 1870. — 52) Weber, E. H., De motu iridis. Lipsiae 1821. — 53) v. Wittich, Vergleichend histologische Mittheilungen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. II. — 54) Wolfskehl, P., Ueber Astigmatismus in Thieraugen und die Bedeutung der spaltförmigen Pupille. Zeitschr. f. vergl. Augenheilk. 1882.

X. Blutgefäße und Lymphbahnen des Auges; Ernährung des Augapfels.

1) Altmann, R., Ueber die Verwerthbarkeit der Corrosion in der mikroskopischen Anatomie. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 16. 1879. — 2) Ayres, W. C., Der Blutlauf in der Gegend des gelben Fleckes. Archiv f. Augenheilk. Bd. 13. 1883. — 3) Becker, O., Die Gefäße der menschlichen Macula lutea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 27. Abth. 1. 1881. — 4) Brugsch, A., Ueber die Resorption körnigen Farbstoffs aus der vorderen Augenkammer. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 23. Abth. III. 1877. — 5) Bruns, L., Vergleichend-anatomische Studien über das Blutgefäßsystem der Netzhaut. Zeitschr. f. vergl. Augenheilk. Heft 2. 1882. — 6) Calberla, E., Zur Kenntniss der Resorptionswege des Humor aqueus. Pflüger's Archiv Bd. IX. 1874. — 7) Castaldi, R., Giornale internaz. delle sc. med. IV. 1882. — 8) Caster, The distal communication of the blood-vessels with the lymphatics and on a diaplasmatic system of vessels. Journ. of anat. and phys. Vol. IV. 1870. — 9) Denissenko, G., Einige Beobachtungen über die Gefäße in der Fovea centralis der Netzhaut des Menschen. Medic. Centralbl. N. 47. 1880. — 10) Ders., Mittheilung über die Gefäße der Netzhaut der Fische. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 18. 1880. — 11) Deutschmann, E., Klinische und experimentelle Beiträge zur Resorption patholog. Inhaltsmassen in der vorderen Augenkammer. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 24. Abth. 2. 1878. — 12) Ders., Zur Regeneration des Humor aqueus nach Entleerung desselben aus der vorderen Kammer. Archiv f. Ophthalm. Bd. 25. I. 1879. — 13) Ders., Ueber die Quellen des Humor aqueus im Auge. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. Abth. 3. 1880. — 14) Ders., Zur physiologischen Chemie der Augenflüssigkeiten. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 27. Abth. 2. 1881. — 15) Donders, Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge. Archiv f. Ophthalmol. Bd. I, 2. — 16) Ehrlich, P., Ueber provocirte Fluorescenzerscheinungen am Auge. Deutsche medic. Wochenschr. N. 2 ff. 1882. — 17) Fuchs, E., Die Lymphgefäße der Lider. Medic. Centralbl. N. 28. 1878. — 18) Ders., Zur Anatomie der Blut- und Lymphgefäße der Augenlider. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 24. Abth. 3. 1878. — 19) Gerlach, L., Ueber die Gefäße der Macula lutea. Sitzungsber. der phys.-med. Societät zu Erlangen. 1. Aug. 1881. — 20) Heisrath, F., Ueber den Zusammenhang der vorderen Augenkammer mit den vorderen Ciliarvenen. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 15. 1878. — 21) Ders., Ueber die Abflusswege des Humor aqueus, mit besonderer Berücksichtigung des sogenannten Fontana'schen und Schlemm'schen Kanals. Dissert. Königsberg 1881. — 22) Hesse, F., Ueber die Vertheilung der Blutgefäße in der Netzhaut. Archiv f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1880. — 23) His, W., Lymphgefäße der Retina. Verhandl. der naturf. Gesellsch. in Basel. IV. Bd. 1865. — 24) Ders., Abbildungen über das Gefäßsystem der menschlichen Netzhaut und derjenigen des Kaninchens. Archiv f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1880. — 25) Hulke, Note on the blood-vessel-system of the retina of the hedgehog. Monthl. micr. journ. 1869. — 26) Hyrtl, J., Berichtigungen über das Ciliarsystem des menschl. Auges. Oesterr. medic. Jahrbücher. Bd. 28 oder neueste Folge 19. Bd. 1839. — 27) Jesner, S., Der Humor aqueus des Auges in seinen Beziehungen zu Blutdruck und Nervenreizung. Pflüger's Archiv. Bd. 23. 1880. — 28) Johannides, D. P., Die gefäßlose Stelle der menschlichen Retina und deren Verwerthung zur Bestimmung der Ausdehnung der Macula lutea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26, 2. 1880. — 29) Key, A. u. Retzius, G., Studien in der Anatomie des Nervensystems und Bindegewebes. Stockholm 1875. — 30) Knies, M., Die Resorption von Blut in der vorderen Kammer. Virchow's Archiv Bd. 62. 1875. — 31) Ders., Zur Lehre von den Flüssigkeitsströmungen im lebenden Auge und in den Geweben überhaupt. Virchow's Archiv Bd. 65. 1875. — 32) Ders., Ueber die Ernährung des Auges und die Abflusswege der intraoculären Flüssigkeiten. Archiv f. Augen- u. Ohrenheilk. Bd. VII. 1878. — 33) Ders., Beiträge zur Kenntniss der Uvealerkrankungen. Archiv f. Augenheilk. Bd. IX. 1880. — 34) Ders., Zur Frage der Sehnerven-Injection. Klinische Monatsbl. f. Augenheilk. XX. 1882. — 35) Krückow u. Leber, Th., Beiträge zur Kenntniss

der Resorptionsverhältnisse der Hornhaut. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 20. II. 1874. — 36) Kugel, L., Ueber Collateralkreisläufe zwischen Chorioidea u. Retina. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 9. 1863. — 37) Kuhnt, H., Vena centralis posterior nervi optici. Sitzungsber. der ophthalmol. Gesellsch. zu Heidelberg. 1881. — 38) Ders., Wie communiciren die inter-vaginalen Räume beider Optici? Sitzungsber. d. ophthalmol. Gesellsch. in Heidelberg. 1881. — 39) Langenbacher, L., Vergleichend anatomische Untersuchungen über die Blutgefäße in der Netzhaut des Auges. Oesterr. Vierteljahrsschr. f. wiss. Veterinärkunde. 53. Bd. 1880. — 40) Langer, C., Ueber die Blutgefäße im Augenlide. Medic. Jahrbücher 1878. — 41) Laqueur, Ueber die Durchgängigkeit der Hornhaut für Flüssigkeiten. Medic. Centralbl. N. 37. 1872. — 42) Leber, Th., Untersuchungen über den Verlauf u. Zusammenhang der Gefäße im menschlichen Auge. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 11. 1865. — 43) Ders., Anatomische Untersuchungen über die Blutgefäße des menschlichen Auges. Denkschriften der Wiener Akademie. Math. naturw. Kl. 24. Bd. 1865. — 44) Ders., Bemerkungen über die Circulationsverhältnisse des Opticus und der Retina. Archiv f. Ophthalm. Bd. 18, 2. 1872. — 45) Ders., Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 19. II. 1873. — 46) Ders., Die Circulations- und Ernährungsverhältnisse des Auges. Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde. Bd. II. 1876. — 47) Ders., Bemerkungen über das Gefäßsystem der Netzhaut in der Gegend der Macula lutea. Archiv f. Ophthalm. Bd. 26. II. 1880. — 48) Ders., Nachträgliche Notiz über die Gefäße der Macula lutea. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. 1880. — 49) Ders., Historische Notizen über den Circulus oder Plexus venosus ciliaris. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. Abth. 2. 1880. — 50) Magnus, H., Die makroskopischen Gefäße der menschlichen Netzhaut. Leipzig 1873. — 51) Manz, W., Experimentelle Untersuchungen über Erkrankungen des Sehnerven in Folge von intracraniellen Krankheiten. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XV, 2. 1869. — 52) Martini, Von dem Einfluss der Secretionskrankheiten auf den menschlichen Körper. 1843. — 53) Mayerhausen, G., Noch einmal der gefäßlose Bezirk der menschl. Retina. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 29. Abth. 1. 1883. — 54) Memorsky, Ueber den Einfluss des intraocularen Druckes auf die Blutbewegung im Auge. Archiv f. Ophthalmol. XI, 2. 1865. — 55) Michel, Beiträge zur Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 18, 1. 1872. — 56) Nettleship, E., Unusual distribution of retinal blood-vessels. British medical journal. 1876. — 57) Ders., Note on the retina blood-vessels of the yellow-spot region. Ophthalmic hospital reports. Vol. 8. Part II. 1876. — 58) Ders., Cilio-retinal blood vessels. London ophthalmic hospital reports. Vol. 9. 1878. — 59) Niemetschek, Mittheilungen über die Gefäße am gelben Fleck der Netzhaut. Prager Vierteljahrsschr. I. 1866. — 60) Pflüger, Zur Ernährung der Cornea. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XX. 1882. — 61) Ders., Ueber Opticus-Injectionen. Beilageheft zu d. klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 20. 1883. — 62) Riesenfeld, E., Zur Frage über die Transfusions-Fähigkeit der Cornea und die Resorption aus der vorderen Augenkammer. Dissert. Berlin 1871. — 63) v. Reuss, A., Notiz über die Netzhautgefäße im Bereiche der Macula lutea bei Embolia art. centr. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 27. Abth. 1. 1881. — 64) Schmidt, H., Zur Entstehung der Stauungspapille (Neuritis optica intraocularis) bei Hirnleiden. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 15, 2. 1869. — 65) Schneller, Zur Lehre von der Ernährung der Netzhaut. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. Abth. 1. 1880. — 66) Schöler, Experimentelle Studien über Flüssigkeitsausscheidung aus dem Auge. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 25. Abth. 4. 1879. — 67) Ders., Ueber das Fluorescein etc. Archiv f. Anat. u. Phys. Phys. Abth. 1882. — 68) Schoeler u. Uhthoff, Das Fluorescein in seiner Bedeutung für den Flüssigkeitswechsel im Auge. Jahresber. über die Wirksamkeit der Augenlinik von H. Schöler im Jahre 1881. Berlin 1882. — 69) v. Schultén, M. W., Experimentelle Untersuchungen über die Circulationsverhältnisse des Auges. Graefe's Archiv Bd. 30. 4. Abth. 1884. — 70) Schwalbe, G., Der Arachnoidalraum ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perichoroidalraum. Medic. Centralbl. N. 30. 1869. — 71) Ders., Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1872. — 72) Ders., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. M. Schultze's Archiv Bd. 6. I. und II. 1870. — 73) Sesemann, Die Orbitalvenen des Menschen und ihr Zusammenhang. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1869. — 74) Teichmann, Das Saugadersystem. Leipzig 1861. — 75) Ulrich, R., Ueber die Ernährung des Auges. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 26. 3. 1881. — 76) Ders., Beitrag zu den Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel im Auge mittelst subcutaner Fluorescein-Injectionen. Archiv f. Augenheilk. Bd. 12. 1883. — 77) Virchow, H., Ueber die Glaskörper- und Netzhautgefäße des Aales. Morphologisches Jahrbuch. VII. 1881. — 78) Ders., Ueber die Gefäße der Chorioidea des Kaninchens. Verhandl. der physik.-medic. Gesellsch. in Würzburg. N. F. Bd. 16. 1881. — 79) Ders., Ueber die Glaskörper- u. Netzhautgefäße des Aales. Morphol. Jahrbuch. VII. 1882. — 80) Ders., Ueber die Gefäße im Auge und in der Umgebung des Auges beim Frosche. Zeitschr. f. wissenschaft. Zool. Bd. 35. 1881. — 81) Ders., Augengefäße der Ringelnatter. Sitzungsber. der phys.-medic. Gesellsch. zu Würzburg. N. 9. 10. 1883. — 82) Weiss, L., Zur Flüssigkeitsströmung im Auge. Verhandl. des naturh. med.

Vereins in Heidelberg. N. F. 2. Bd. 1877. — 83) Ders., Ueber die Abflusswege der intra-ocularen Flüssigkeit. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 25. II. 1879.

Vergl. auch den Abschnitt: „Glaskörper und Zonula“ sowie „Cornea und Sclera“.

XI. Tenon'sche Binde; Fascien der Augenhöhle; Augenmuskeln.

1) Bennet, L., A practical treatise on the cure of strabismus etc., with some new views of the anatomy and physiology of the muscles of the human eye. London 1840. — 2) Bischoff, E., Zeitschrift f. rat. Medicin. 3. R. Bd. 20. — 3) Bochdalek, Beitrag zu den anomalen Muskeln der Augenhöhle. Prager Vierteljahrsschr. Bd. IV. 1868. — 4) Bonnet, Sur l'anatomie des aponeuroses et des muscles de l'oeil. Gaz. méd. de Paris 1841. — 5) Ders., Des muscles et des aponeuroses de l'oeil. Annales d'oculistique. T. VII. 1842. — 6) Boucheron, Sur les adhérences aponeurotiques des muscles droits avec la capsule de Tenon. Annales d'oculistique. T. 81. 1879. — 7) Budge, Beschreibung eines neuen Muskels und mehrerer Muskel- und Knochenvarietäten. Zeitschrift f. rat. Medicin. 3. R. VII. 1859. — 8) Curnow, J., Notes of some irregularities in muscles and nerves. Journal of anat. VII. 1873. — 9) Dalrymple, J., Tunica vaginalis oculi. Lancet 1841. — 10) Ferral, M. J., Ueber die Anatomie und Pathologie einiger Theile der Orbita. Frorip's Notizen 1841. — 11) Gerlach, J., Die Tenon'sche Binde, untersucht an Durchschnitten der Augenhöhle. Beiträge zur normalen Anatomie des menschlichen Auges. 1880. — 12) Gowers, W. R., The movements of the eyelids. Medico-chir. transactions. Vol. 62. 1880. — 13) Harling, Ueber die Membrana orbitalis der Säugethiere und über glatte Muskeln in der Augenhöhle und den Augenlidern des Menschen. Zeitschr. f. rat. Medic. 3. R. Bd. 24. — 14) Hélie, Recherches sur les muscles de l'oeil et l'aponeurose orbitaire. Thèse. 1841. — 15) Lenoir, Des opérations qui se pratiquent sur les muscles de l'oeil. Thèse. 1850. — 16) Linhart, Bemerkungen über die Capsula Tenoni. Würzburger Verhandl. IX. 1859. — 17) Magni, Descrizione della capsula di Tenone. Rivista clinica di Bologna. 1868. — 18) Moseley, N. B., On an additional muscle of the eye. Monthly journ. Dec. 1853. — 19) Müller, H., Ueber glatte Muskeln an den Augenlidern des Menschen und der Säugethiere. Verhandl. der phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. — 20) Ders., Ueber Innervation der glatten Augenlidmuskeln durch Fasern des Nervus sympathicus. Würzburger Sitzungsber. XII. 1859. — 21) Ottley, W., On the attachment of the eye-muscles in mammals. Quadrumana. Proceed. of the zool. society of London. 1879. — 22) Portal, A., Observations sur les muscles des yeux. Mém. de l'acad. de Paris. 1770. — 23) Sappey, C., Recherches sur quelques muscles à fibres lisses, qui sont annexés à l'appareil de la vision. Compt. rend. 1867. — 24) Schwalbe, G., Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. I. Archiv f. mikrosk. Anat. VI. 1870. — 25) Strangeways, J., On a supernumerary oblique muscle of the eyeball. Journ. of anat. and physiol. 1868. — 26) Struthers, J., On the anatomy and physiology of the oblique muscles of the eye in man and vertebrate animals. Monthl. journal. Oct. 1849. — 27) Tenon, Mémoires et observations sur l'anatomie. Paris 1806. — 28) Volkmann, A. W., Zur Mechanik der Augenmuskeln. Sitzungsber. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1869.

XII. Conjunctiva und Augenlider.

1) Albin, Beitrag zur Anatomie der Augenlider. Zeitschr. der Gesellsch. d. Aerzte zu Wien 1857. — 2) v. Ammon, Ueber den Annulus conjunctivae. Rust's Magazin f. ges. Heilkunde. Bd. 30. 1830. — 3) Arlt, Ueber den Ringmuskel der Augenlider. Archiv f. Ophthalmologie. III. 1863. — 4) Ders., Physiologische und pathologisch-anatomische Bemerkungen über die Bindehaut des Auges. Prager Vierteljahrsschr. 1864. — 5) Arnold, J., Die Bindehaut der Hornhaut und der Greisenbogen. Heidelberg 1860. — 6) Baumgarten, P., Ueber die tubulösen Drüsen und die Lymphfollikel in der Lidconjunctiva des Menschen. Archiv f. Ophthalmol. XXVI. Abth. I. 1880. — 7) Berlin, E., Beiträge zur pathologischen Anatomie der Conjunctiva. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XVI. 1878. — 8) Blumberg, P., Ueber die Augenlider einiger Hausthiere mit besonderer Berücksichtigung des Trachoms. Dissertation. Dorpat 1867. — 9) Ders., Ueber das Trachom vom cellularpathologischen Standpunkte. Archiv f. Ophthalmol. 15. Bd. I. Abth. 1869. — 10) Bruch, Zeitschrift f. wissensch. Zool. Bd. IV. 1853. — 11) Ciaccio, G. V., Ueber den Bau der Bindehaut des menschlichen Auges. Moleschott's Untersuch. XI. 1874. — 12) Ders., Osservazioni intorno alla struttura della conjunctiva umana. Memorie dell' accademia di Bologna. Ser. III. T. IV. 1874 und Moleschott's Untersuch. z. Naturlehre. XI. 1874. — 13) Colasanti, G., La terminazione dei nervi nelle glandule sebacee. Ricerche fatte nel labor. di anat. norm. della univ. di Roma, p. d. F. Todaro. 1873. — 14) Condé, de, Mémoire sur l'anatomie de la conjonctive etc. Annales d'oculistique. T. XXI. — 15) da Cunha e Sousa, F., Zur Lehre von der Muscu-

latur des Augenlides des Menschen. Mittheil. aus dem embryol. Institut. d. Univ. Wien. II, 3. 1883. — 16) Czerny, Zur Anatomie der Meibom'schen Drüsen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. 12. Jahrg. 1875. — 17) Donders, Untersuchungen über die Entwicklung und den Wechsel der Cilien. Archiv f. Ophthalmol. Bd. IV. 1858. — 18) Eble, B., Ueber den Bau und die Krankheiten der Bindehaut des Auges etc. Wien 1828. — 19) Eversbusch, Ueber einige Veränderungen der Plica semilunaris. Festschr. d. ärztl. Vereins München 1883. — 20) Frey, H., Ueber die Lymphbahnen der Trachomdrüsen. Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. VII. 1861. — 21) Frey, H. und Huguenin, Ueber die Trachomdrüsen oder Lymphfollikel der Conjunctiva. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XVI. 1866. — 22) Fuchs, E., Zur Anatomie der Blut- und Lymphgefäße der Augenlider. Archiv f. Ophthalmol. XXIV. Abth. 3. 1878 und Medic. Centralbl. N. 28. 1878. — 23) Giacomini, C., Annotazioni supra l'anatomia del negro. Real. accad. di medic. di Torino. 2. Agosto 1878 u. 1882. — 24) Gosselin, Archives générales de médecine. 1843. — 25) Gowers, W. R., The movements of the eyelids. Medico-chirurg. transactions. Vol. 62. 1880. — 26) Grefberg, W., Zur Lehre über die Entwicklung der Meibom'schen Drüsen. Mittheilungen aus dem embryologischen Institut in Wien. II, 2. 1882. — 27) Heidenhain, Die Absonderung des Hauttalges. In: Hermann, Handbuch der Physiologie. V, 1. S. 406. — 28) Horner, Beschreibung eines mit dem Auge verbundenen Muskels. Meckel's Archiv Bd. VIII. 1824. — 29) Huguenin, Ueber die Trachomdrüsen oder Lymphfollikel der Conjunctiva. Dissertation. Zürich 1865. — 30) Hyrtl, J., Eine Eigenthümlichkeit der Capillargefäße der menschlichen Conjunctivapapillen. Wiener medic. Wochenschr. N. 44. 1860. — 31) Jacobson, J., Diss. de conjunctiva oculi humani disquisitio anatomico-physiologica. Berolini 1829. — 32) Klein, Conjunctiva und Sclera. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. II. 1872. — 33) Kleinschmidt, Ueber die Drüsen der Conjunctiva. Archiv f. Ophthalm. Bd. 9. Abth. 3. 1863. — 34) Krause, W., Ueber die Drüsen der Conjunctiva. Zeitschrift f. rat. Medicin. N. F. IV. 1854. — 35) Ders., Anatomische Untersuchungen. 1861. — 36) Kuhn, Deutsche med. Wochenschr. 1877. — 37) Langer, C., Ueber die Blutgefäße im Augenlide. Medic. Jahrbücher. 1878. — 38) Manz, W., Ueber neue eigenthümliche Drüsen am Cornealrande und über den Bau des Limbus conjunctivae. Zeitschr. f. rat. Medicin. III. R. V. 1859. — 39) Meibom, De vasis palpebrarum novis epistola ad J. Langelottium. Helmstädt 1666. — 40) Merkel, F., Die Speicheldrüsen. Leipzig, 1883. (Enthält S. 20 Bemerkungen über den Bau der Thränendrüse). — 41) Metschnikoff, E., Ueber die Beschaffenheit der Augenlider bei den Mongolen und Kaukasiern. Zeitschr. f. Ethnologie. Bd. VI. 1874. — 42) Meyer, G., Diss. de conjunctiva oculi humani imprimis palpebrarum. Berolini 1839. — 43) v. Mises, F., Ueber die Nerven der menschlichen Augenlider. Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. 85. III. Abth. 1882. — 44) Moll, J. A., Bijdragen tot de anatomie en physiologie des oogleden. Utrecht 1857. — 45) Ders., Bemerkungen über den Bau der Augenlider des Menschen. Archiv f. Ophthalmol. III. Abth. 2. 1857. — 46) Morano, F., Studio sul Tracoma. Archivio di ottalmol. Napoli I. 1872. II. 1873. — 47) Ders., Sezione meridionale della congiuntiva umana. Annali d'ottalmol. Anno VI. 1877. — 48) Müller, H., Ueber ramificirte Pigmentzellen im Conjunctivaepithel der Ratte. Sitzungsber. der Würzb. phys.-med. Gesellsch. 30. April 1859. — 49) Nicati, W., Distichiasis vrai des quatre paupières dû au développement de poils à l'orifice de glandes de Meibomius. Archives d'ophthalm. T. I. 1881. — 50) Raehlmann, Pathologisch-anatomische Untersuchungen über die folliculäre Entzündung der Bindehaut des Auges oder das Trachom. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 29. Abth. II. 1883. — 51) Reich, M., Notiz über die sog. Becherzellen der Conjunctiva des Menschen. Medic. Centralbl. N. 47. 1874. — 52) Ders., Zur Histologie der Conjunctiva des Menschen. Archiv f. Ophthalmol. Bd. 21. Abth. I. 1875. — 53) Ricchiardi, S., Sulle ghiandole di Meibomio. R. Accad. dei Lincei. 4. März 1877. — 54) Richet, Traité pratique d'anatomie medico-chirurgicale. Paris 1857. — 55) Römer, A., Ueber den Bau der Conjunctiva. Ammon's Zeitschrift f. Ophthalm. V. 1835. — 56) Sappey, Recherches sur les glandes des paupières. Gaz. méd. de Paris. N. 33 et 34. 1853. — 57) Sattler, H., Beitrag zur Kenntniss der modificirten (Moll'schen) Schweissdrüsen des Lidrandes. Archiv f. mikr. Anat. XIII. 1877. — 58) Ders., Beitrag zur Kenntniss der normalen Bindehaut des Menschen. Archiv f. Ophthalmologie. XXIII. Abth. 4. 1877. — 59) Schmid, Die Lymphfollikel der Bindehaut des Auges. Wien 1871. — 60) Schweigger-Seidel, Ueber die Vorgänge bei Lösung der miteinander verklebten Augenlider des Fötus. Virchow's Archiv Bd. 37. 1866. — 61) Stieda, L., Ueber den Bau der Augenlidbindehaut des Menschen. Archiv f. mikr. Anat. III. 1867. — 62) Stieda, L. und Stricker, S., Conjunctiva und Sclerotica. Handbuch der Lehre von den Geweben. II. 1872. — 63) Stromeyer, Beiträge zur Lehre der granulösen Augenkrankheit. Deutsche Klinik N. 25. 1859. — 64) Tartuferi, F., Sulle forme cellulari che compongono l'epitelio della porzione tarsea della congiuntiva umana. Giornale internaz. delle sc. med. N. S. I, 9. 1879. — 65) Ders., Le glandule di Moll studiate nelle palpebre dell'uomo e degli altri mammiferi etc. Archivio delle sc. mediche. IV. 1879. — 66) Teichmann, L., Das Saugadersystem. S. 65 ff. 1861. — 67) Tourtual, C. T., Ueber die Function der Augenlider beim Sehen. Müller's Archiv. 1838. — 68) Waldeyer, W., Xanthelasma

palpebrarum. Virchow's Archiv Bd. 52. — 69) Weber, A., Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. 1863. — 70) Weber, E. H., Ueber die Meibom'schen Drüsen am Augenlide des Menschen. Meckel's Archiv 1827. — 71) Wolfring, Ein Beitrag zur Histologie des Trachoms. Archiv f. Ophthalmol. Bd. XIV. 1868. — 72) Ders., Untersuchungen über die Drüsen der Bindehaut des Auges. Medic. Centralbl. N. 54. 1872. — 73) Ders., Beiträge zur Lehre von den contagiösen Augenentzündungen. Beilage zu Zehender's klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. XII. 1874. — 74) Zeis, Anatomische Untersuchungen der Meibom'schen Drüsen. Ammon's Zeitschr. f. Ophthalmol. V. 1835.

Vergl. ausserdem oben S. 36 Literatur Tastorgane.

XIII Thränenapparat.

1) Angely, J. L., De oculo organisque lacrymalibus ratione aetatis, sexus, gentis et var. animalium. Erlangen 1803. — 2) Arlt, Ueber den Thränenschlauch. Archiv f. Ophthalm. Bd. I, 2. 1855. — 3) Ders., Die Behandlung der Thränenschlauchkrankheiten. Archiv f. Ophthalm. XIV, 3. 1868. — 4) Béraud, Description d'une valvule inconnue jusqu'ici et qui existe dans les voies lacrymales chez l'homme. Gaz. med. N. 26. 1851. — 5) Ders., Details relatifs au canal lacrymo-nasal. Gaz. méd. Nr. 10. 1852. — 6) Ders., Note sur les glandes lacrymales. Gazette médicale. N. 53. 1859. — 7) Bochdalek, Beitrag zur Anatomie der Thränenorgane. Prager Vierteljahrschrift. Bd. II. 1866. — 8) Boll, F., Ueber den Bau der Thränendrüse. M. Schultze's Archiv Bd. IV. 1868. — 9) Ders., Die Thränendrüse. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. II. 1872. — 10) Born, G., Ueber die Nasenhöhle und den Thränennasengang der Amphibien. Morpholog. Jahrbuch Bd. II. 1876. — 11) Ders., Die Nasenhöhlen und der Thränennasengang der amnioten Wirbelthiere. Morphol. Jahrbuch. V. 1879. — 12) Emmert, E., Angeborenes Fehlen aller 4 Thränenpunkte und Thränenröhrchen. Archiv f. Augen- und Ohrenheilk. V. 1876. — 13) Foltz, Anatomie et physiologie des conduits lacrymaux. Annales d'oculistique. T. 43. 1860. — 14) Ders., Recherches d'anatomie et de physiologie expérimentale sur les voies lacrymales. Journal de la physiol. 1863. — 15) Frerichs, Thränensecretion, in Wagner's Handwörterbuch d. Physiol. III, 1. 1846. — 16) Gad, J., Eine Revision der Lehre von der Thränenableitung und den Lidbewegungen. Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1883. Supplement: Festschrift. — 17) Gerlach, J., Ueber den Verlauf der Thränenkanälchen und deren Verhältniss zu dem Musculus orbicularis palpebrarum. Beiträge zur normalen Anatomie des menschlichen Auges. 1880. — 18) Gosselin, Ueber die Ausführungsgänge der Thränendrüse. Archives générales de médecine. 1843. — 19) v. Hasner, Ueber die Bedeutung der Klappe des Thränenschlauches. Prager Vierteljahrsschrift. II. 1848. — 20) Ders., Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Thränenableitungsapparates. Prager Vierteljahrsschrift. 1849. — 21) Ders., Beiträge zur Physiologie u. Pathologie des Thränenableitungsapparates. Prag 1850. — 22) Heinlein, H., Zur makroskopischen Anatomie der Thränenröhrchen. Archiv f. Ophthalm. Bd. XXI. Abth. III. 1875. — 23) Henke, Die Oeffnung und Schliessung der Augenlider und des Thränensacks. Archiv f. Ophthalmol. IV. Abth. 2. 1858. — 24) Ders., Beleuchtung der neuesten Fortschritte in der Lehre vom Mechanismus der Thränenableitung. Archiv f. Ophthalm. Bd. VIII. Abth. 1. 1861. — 25) Ders., Anatomie der Augenlider und der Thränenwege. In: Wecker's Handbuch Traité des maladies des yeux. T. I. 1864. — 26) Hoffmann, B., Die Thränenwege der Vögel und Reptilien. Dissert. Halle 1882. — 27) Hyrtl, Die Corrosions-Anatomie. Wien 1873. — 28) Kitt, Th., Zur Anatomie und Physiologie der Thränenwege des Pferdes und des Rindes. Zeitschr. f. vergleich. Augenheilk. II. 1883. — 29) Kammocki, W., Ueber die sogenannte Harder'sche Drüse der Nager. Referat in Schwalbe's Jahresberichten für 1882. — 30) Krehbiel, G., Die Muskulatur der Thränenwege und Augenlider. Stuttgart 1878. — 31) Legal, Die Nasenhöhlen und der Thränennasengang der amnioten Wirbelthiere. Morphol. Jahrbuch. 8. 1882. — 32) Mac Leod, J., Sur la structure de la glande de Harder du canard domestique. Arch. de biologie T. I. 1880. — 33) Ders., Notice sur le squelette cartilagineux de la glande de Harder du mouton. Archives de biologie T. I. 1880. — 34) Lesshaft, Ueber den Musc. orbic. orbitae und seinen Einfluss auf den Mechanismus der Thränenabsonderung. Archiv f. Anat. u. Physiol. von Reichert und du Bois-Reymond. 1868. — 35) Magnus, H., Mangel der unteren Thränenpunkte und Wärzchen auf beiden Augen. Centralbl. f. prakt. Augenheilk. 1880. — 36) Maier, R., Ueber den Bau der Thränenorgane, insbesondere der thränenableitenden Wege. Freiburg 1859. — 37) Manfredi, N., Ricerche istologiche sui condotti secretori delle lagrime. Giorn. della real. accad. di med. di Torino. 1872. — 38) Merkel, F., Die Speichelröhren. Rostock 1883. — 39) Osborne, J., Darstellung des Apparates zur Thränenableitung etc. Prag 1835. — 40) Power, H., Lectures on the protective and lacrymal apparatus of the eye. Medical Times and Gazette. Vol. II. 1883. — 41) Reichel, P., Ueber die morphologischen Veränderungen der Thränendrüse bei ihrer Thätigkeit. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 17. 1880. — 42) Reinhard, H., Diss. de viarum lacrymalium in homine ceterisque animalibus anat. et physiol. collectanea. Lips. 1840. —

43) Robin et Cadiat, Note sur la structure du sac lacrymal et de ses conduits. Robin, Journal de l'anatomie etc. 1875. — 44) Rodrigues, Bourse synoviale au-devant du sac lacrymal. Annales d'oculistique. T. XIV. Juli 1845. — 45) Rosenmüller, J. C., Partium externarum oculi humani inprimis organorum lacrymalium descriptio anatomica iconibus illustrata. Lipsiae 1797. — 46) Sardemann, E., Zur Anatomie der Thränendrüse. Zoolog. Anzeiger N. 179. 1884. — 47) Schmidt, Ueber die Absorption der Thränenflüssigkeiten durch Dilatation des Thränensacks. Marburg 1856. — 48) Schreger, C. H. J., Zur vergleichenden Anatomie des Auges und der Thränenorgane des Menschen nach Alter, Geschlecht, Nation etc. Leipzig 1810. — 49) Sesshaft, Ueber den M. orbicularis orbitae und sein Einfluss auf die Thränenabsonderung. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1868. — 50) Stellwag v. Carion, Theoretische und praktische Bemerkungen zur Lehre vom Mechanismus der Thränenableitung. Oesterr. med. Jahrb. 1861. — 51) Stewart, C., On the lacrymal gland of the common turtle. Monthly micr. journal. 1877. — 52) Stilling, J., Ueber die Heilung der Verengerung der Thränenwege mittelst der inneren Incision. Kassel 1868. — 53) Tillaux, P., Note sur la structure de la glande lacrymale chez l'homme et chez quelques vertébrés. Gazette médicale. N. 16. 1860. — 54) Tobien, A. J., De glandularum ductibus efferentibus. Dissert. Dorpat 1853. — 55) Verga, A., Dello sbocco del condotto nasale e del solco lacrymale. Annali universali di medic. 1872. — 56) Vlacovich, Osservazione anatomiche sulle vie lagrimali. Padova 1872. — 57) Walzberg, Th., Ueber den Bau der Thränenwege der Haussäugethiere und des Menschen. Rostock 1876. — 58) Weber, A., Zwei Fälle von überzähligen Canaliculi lacrymales. Archiv f. Ophthalmol. VIII, 1. 1861. — 59) Weber, M., Ueber die Nebenorgane des Auges der Reptilien. Archiv f. Naturgesch. 13. Jahrg. 1877. — 60) Wendt, E., Ueber die Harder'sche Drüse der Säugethiere. Diss. Petersb. 1877. — 61) Wharton Jones, Lacrymal organs in Todd's Cyclopaedia of anat. and phys. 1842.



30 —