

# Zur Histologie der menschlichen Retina, spec. der Macula lutea und der Henle'schen Faserschicht.

Von

Dr. med. **Alfred Schaper,**

Assistent am anatomischen Institut zu Zürich.

---

Hierzu Tafel XII.

---

In den letzteren Jahren hat im Bereich der Histologie der Sinnesorgane ganz besonders die Endigungsweise der spezifischen Nerven, resp. ihr Verhältniss zu den Sinnesepithelien das Interesse der Forscher in Anspruch genommen. Die hierbei an der Hand der Golgi'schen Silber- und Ehrlich'schen Methylenblau-Methode erlangten Resultate haben auch für den feineren Bau der menschlichen Retina erfreuliche Aufklärungen gebracht. Doch ist andererseits nicht zu verhehlen, dass bei diesem Eifer in der Verfolgung der Nervenendigungen die übrigen histologischen Verhältnisse speziell der menschlichen Netzhaut etwas vernachlässigt worden sind, obgleich auch hier noch manche Fragen offen stehen, deren Beantwortung durch unsere neueren Methoden der Fixation und Färbung gegen früher jedenfalls erleichtert sein dürfte.

Eine gut fixirte menschliche Retina gehört, wie bekannt, zu den histologischen Seltenheiten. Es ist daher begreiflich, wenn der Histolog jede Gelegenheit, die ihn in den Besitz eines solchen Objects bringt, mit Freuden begrüsst, um immer von Neuem wieder jenes so interessante und vielfach durchforschte Organ einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Diese Gründe mögen es erklären, wenn ich eine solche Gelegenheit benutzend, es unternehme, der riesenhaft angewachsenen Litteratur über die Retina, zu der unsere bedeutendsten Autoren beitrugen, im Folgenden noch einige kleine ergänzende Notizen hinzuzufügen.

Im verflossenen Sommer erhielten wir durch die Güte des Herrn Dr. A. Fick, Dozent für Ophthalmologie an der hiesigen Universität, ein wegen eingedrungenen Fremdkörpers (im übrigen vollständig gesundes) enucleirtes Auge eines 37jährigen Mannes. Dasselbe war unmittelbar nach der Operation in concentrirter Sublimatlösung fixirt worden und zwar derart, dass nach theilweiser Eröffnung des Bulbus durch einen Aequatorialschnitt derselbe so umgestülpt wurde, dass die Retina an der Aussenfläche desselben zu liegen kam. — Bald darauf angefertigte Schnitte durch die Netzhaut zeigten, dass sich dieselbe einer selten schönen Conservirung in allen ihren Schichten erfreute. Besonders auffällig war zunächst die ungewöhnliche Mächtigkeit der sog. Henle'schen Faserschicht in Schnitten, die der äquatorialen Zone der Retina entnommen waren. Auf diese Thatsache hin veranlasste mich mein verehrter Chef, Herr Professor Stöhr, die Verbreitung dieser Schicht durch die Retina weiter zu verfolgen und ausserdem die Macula lutea, an deren Zusammensetzung jene Faserschicht bekanntlich einen Hauptantheil nimmt, einer gründlichen Nachuntersuchung zu unterziehen. — Diese Aufgabe erschien bei der vorzüglichen Conservirung des Präparates von vornherein lohnenswerth. Leider jedoch ergab die spätere Untersuchung der Macula eine derartige starke Faltung der Schichten an dieser Stelle, dass ein richtiger Einblick in die topographischen Verhältnisse derselben unmöglich gemacht war. — Es bot sich mir hier ein Ersatz in einigen Präparaten der Macula, die mir von Herrn Professor Haab in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurden. Dieselben entstammten dem enucleirten Auge eines 60jährigen Mannes, waren ebenfalls im Sublimat fixirt und zeigten eine für meine Zwecke tadellose Conservirung. — Herrn Professor Haab sowohl wie Herrn Dr. Fick an dieser Stelle meinen besten Dank für ihr freundliches Entgegenkommen!

Ehe ich mit der Darlegung meiner Untersuchungen beginne, muss ich vorausschicken, dass mir erst nach Abschluss derselben eine grössere Arbeit jüngsten Datums von Fr. Dimmer<sup>1)</sup> in die Hände fiel, in welcher dieser Autor zur Erklärung

1) Dimmer, Fr., Die ophtalmoskopischen Lichtreflexe der Netzhaut. Nebst Beiträgen zur normalen Anatomie der Netzhaut. Leipzig und Wien 1891.

gewisser ophthalmoskopischer Effecte der Retina auch der Macula und speciell der Fovea centralis eine sehr sorgfältige und ausführliche Untersuchung zu Theil werden liess. Nach Kenntnissnahme dieses Werkes stellte sich heraus, dass ein grosser Theil der Beobachtungen Dimmers mit meinen Resultaten in Betreff der Histologie dieses Retinalabschnittes durchaus übereinstimmen. Ich bin daher in der Lage, dieselben bestätigen zu können. Nichtsdestoweniger habe ich in Bezug auf die Fovea noch einige Bemerkungen hinzuzufügen. — Eins aber vermisste ich besonders in der Dimmer'schen Arbeit; nämlich eine in histologischen Details ausgeführte Abbildung. Wir besitzen bisher keine solche. Die nach der Natur ausgeführten Zeichnungen von Henle<sup>1)</sup>, Hulke<sup>2)</sup> und Wadsworth<sup>3)</sup> entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen der Histologie, was z. Th. wohl der Mangelhaftigkeit der zu Grunde liegenden Präparate zuzuschreiben ist. Die Merkel'sche<sup>4)</sup> Abbildung illustriert im Wesentlichen nur das Stützgerüst der Macula. Alle übrigen Abbildungen, unter diesen die von M. Schultze<sup>5)</sup> und Schwalbe<sup>6)</sup>, sind rein schematisch und geben, abgesehen von theilweisen Unrichtigkeiten, nur schwer einen Begriff von den thatsächlichen Verhältnissen. Auch die Dimmer'schen Figuren (l. c. pag. 167 und 174) sind stark schematisch gehalten und füllen daher trotz ihrer sonstigen Klarheit die bestehende Lücke nicht aus. Dem Autor ist hieraus kein Vorwurf zu machen, da sein Werk im Hauptziel andere Zwecke als histologische verfolgt. Aus diesen Gründen füge ich meiner Arbeit eine Abbildung bei, die, wenn sie auch nicht we-

1) Henle, J., Handb. der systematischen Anatomie des Menschen. II. Bd. Eingeweide-Lehre. Braunschweig 1873, pag. 690 und 691.

2) Hulke, On the Anatomy of the Fovea centralis of the human Retina. — Phil. Transact. of the Royal Soc. of London 1868, pag. 109. Taf. VII. Fig. 15.

3) Wadsworth, O. F., The Fovea centralis in Man. Beiträge zur Ophthalmologie. Festgabe für Friedr. Horner 1881.

4) Merkel, Fr., Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Leipzig 1870. Taf. 1. Fig. 12.

5) Schultze, M., Zur Anatomie und Physiologie der Retina. — Arch. f. mikr. Anat. 1866 pag. 175. Taf. XIII. Fig. 1, 2 und 3.

6) Schwalbe, G., Lehrb. der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen 1887. pag. 112.

sentlich Neues bietet, doch den Vorzug besitzt, dass sie nach einem gut fixirten Präparate bei hinreichender Vergrößerung genau mit dem Zeichenapparate entworfen und durchaus naturgetreu ausgeführt ist. Es würde mich freuen, hiermit einem bestehenden Mangel abgeholfen zu haben.

Was zunächst das Relief der Fovea centralis anbetrifft, so habe ich mich überzeugen können, dass dasselbe ausserordentlichen Schwankungen unterworfen ist. Auch frühere Autoren weisen bereits auf diese Thatsache hin, die ausserdem durch die Differenzen in den vorhandenen Abbildungen zur Genüge illustriert wird. Den geringsten Abfall (10—12°) der Fovea finden wir in Fig. 31 der Dimmer'schen Arbeit, den steilsten (circa 65—70°) in der Abbildung von Hulke. Zwischen diesen beiden Extremen sind alle möglichen Uebergänge abgebildet worden. Eine Erklärung für diese beträchtlichen Unterschiede ist einerseits in der Behandlungsweise der Präparate, andererseits auch zweifelsohne in individuellen Schwankungen zu suchen, wenngleich letztere, wie nach Dimmer's Angaben der ophthalmoskopische Befund beweist, nur innerhalb gewisser Grenzen statthaben können. Unter diesen Umständen verzichte ich auf bestimmtere Maassangaben. Meine Abbildung (Fig. 1), die einen Horizontalschnitt durch die Macula darstellt, gibt in dieser Beziehung mittlere Verhältnisse wieder, wie sie nach meinen Beobachtungen als die häufigeren angesehen werden dürfen, da in allen gut fixirten Präparaten der Neigungswinkel der Fovea niemals jene von Dimmer und Hulke angegebenen Extreme erreicht. Auffällig ist, dass die Fovea auf der Seite des Opticuseintritts (Fig. 1. M) steiler abfällt als auf der entgegengesetzten. Ob dies als Regel zu betrachten ist, habe ich nicht constatiren können, ist mir aber aus später anzuführenden Gründen wahrscheinlich. Ferner zeigt sich im Grunde der Fovea die Andeutung einer Foveola (Fig. 1, F) (Kuhnt), auf deren Vorhandensein ich jedoch kein besonderes Gewicht legen möchte, zumal ich sie nicht in allen Fällen antreffen konnte.

Bezüglich der einzelnen Schichten der Macula will Simmer sehr bedeutende Verschiedenheiten in den von ihm untersuchten 5 Fällen beobachtet haben. Ich muss sagen, dass die von Dimmer aufgeführten Differenzen mir *ceteris paribus* durchaus nicht so wesentlich er-

scheinen, ebenso wenig wie ich in den mir zur Verfügung stehenden Präparaten fundamentale Abweichungen auffinden konnte. — In der Bildung der Fovea centralis soll lediglich dem Zweck entsprochen werden, den in das Auge eintretenden Lichtstrahlen an einer Stelle der Netzhaut möglichst ungehinderten Durchtritt zu den percipirenden Elementen derselben, also zu den Sehepithelien, frei zu geben, um hiermit einen Ort schärfsten Sehens zu gewinnen. Es handelt sich also lediglich darum, die an der Perception des Lichtes nicht theilnehmenden Schichten der Retina nach Möglichkeit aus diesem Punkte zu eliminiren. Daraus resultirt einmal jene äusserste Verdünnung der Netzhaut, die dem Fundus foveae entspricht und andererseits die dadurch bedingte Verdickung der Schichten in der Umgebung derselben, welcher die Macula ihre Existenz verdankt. Die Dickenzunahme der Retina im Bereich des gelben Flecks beruht also zum grössten Theil auf einer seitlichen Verdrängung der meisten Netzhautelemente aus dem Raum der Fovea, verbunden mit einer umschriebenen Anhäufung derselben. Dazu kommt noch, dass einzelne Schichten, wie z. B. die Ganglienzellschicht obendrein eine Vermehrung ihrer Elemente erfahren. — Halten wir an diesem mechanischen Prinzip im Aufbau der Macula lutea fest, so ist es sowohl in histologischer als physiologischer Hinsicht von recht geringer Bedeutung, ob die eine oder andere Schicht etwas früher oder später aus dem Centrum der Fovea verschwindet oder mit benachbarten zusammenfliesst; ebenso wie es recht gleichgültig ist, ob einige wenige Elemente der einen oder andern Schicht noch am Grunde der Fovea anzutreffen sind, oder ob mit anderen Worten einzelne Schichten ohne Unterbrechung, aber in äusserster Verdünnung unter dem Fundus foveae hinwegziehen.

In meiner Abbildung (Fig. 1), die einem Schnitte entstammt, der genau durch das Centrum der Fovea geht, ist letzteres z. B. der Fall. Nichtsdestoweniger wäre es wohl kaum gerechtfertigt, wenn ich mich aus diesem Grunde in einen Gegensatz setzen wollte zu jenen Autoren, welche das Vorhandensein jener Schichten am Boden der Fovea leugnen, resp. dasselbe in ihren Präparaten nicht beobachtet haben. — Ich habe die Ueberzeugung

gewonnen, dass aus natürlichen Gründen ebenso wie in den Reliefverhältnissen der Fovea so auch in dem Verhalten der Netzhautschichten im Bereich derselben die mannigfachsten Variationen statthaben können ohne Beeinträchtigung des physiologischen Zwecks dieser Region. Aus denselben Gründen sind meiner Meinung nach auch für diese Verhältnisse genauere Maassbestimmungen durchaus werthlos. Ich sehe daher von solchen vollständig ab.

Sei es mir nun gestattet, von solchen Gesichtspunkten aus die einzelnen Schichten der Retina bezüglich ihres Verhaltens im Bereich der Macula und Fovea einer kurzen recapitulirenden Betrachtung nach Maassgabe der früheren Autoren und meiner Ergänzungen zu unterwerfen.

#### I. Die Zapfenschicht. (Fig. 1a.)

Die Schicht des Sehepithels setzt sich, wie Henle entdeckte, lediglich aus Zapfen zusammen, welche diejenigen der übrigen Netzhautpartien an Länge übertreffen, aber schmaler sind als diese. Ihre Länge scheint nach den Angaben der meisten Autoren zwischen 0,04 und 0,05 mm zu schwanken. Ich selbst maass 0,05 mm. Die Dicke der Innenglieder betrug nahe dem Centrum der Fovea 0,002 mm. Das Aussenglied ist um ein Geringes länger als das Innenglied. Nach Kuhn<sup>1)</sup> sind die Innenglieder am Fundus foveae schräg gestellt, entsprechend dem hier am ausgeprägtesten schrägen Verlauf der Zapfenfasern. Auch ich habe an einem meiner Präparate eine Convergenz der freien Enden der Zapfen gegen die Mitte der Fovea beobachten können. Ich halte jedoch diese Erscheinung für einen künstlichen Druckeffect, zumal sie an den übrigen Präparaten nicht zu constatiren war.

#### II. Membrana limitans externa. (Fig. 1b.)

Die äussere Grenzmembran zieht nach meiner Beobachtung geradlinig über die Fovea hinweg. Auch Dimmer (l. c. pag. 180) hebt dies in Uebereinstimmung mit Kuhn, Schwalbe,

---

1) Kuhn: Ueber den Bau der Fovea centralis des Menschen. Sitzungsab. der ophthalmolog. Ges. in Heidelberg 1891, pag. 141.

Merkel und Henle ausdrücklich in seiner Arbeit hervor. Die frühere Angabe M. Schultze's, der sich neuerdings zwar Wadsworth (l. c.) wieder anschliesst, dass nämlich die Limitans externa eine Einbiegung nach vorn gegen den Fundus foveae erfahre, kann so vielen entgegengesetzten Beobachtungen gegenüber wohl als irrtümlich bezeichnet werden.

### III. Die äussere Körnerschicht (Schicht der Zapfenkörner). (Fig. 1c.)

Die hier nur aus Zapfenkörnern bestehende Schicht ist bis dicht an den Fundus foveae heran nicht dicker als in den übrigen Partien der Netzhaut, eher sogar etwas dünner als in der Umgebung der Macula. Erst hier pflegt eine geringe Verbreiterung derselben einzutreten, mit der gleichzeitig eine Schrägstellung der nunmehr oval gewordenen Kerne und zwar in der Richtung der ebenfalls schrägverlaufenden Zapfenfasern verbunden ist. Ausserdem treten früher oder später die Körner in spitzem Winkel von der Limitans externa ab, um über der Mitte der Fovea ihre grösste Entfernung von derselben zu erreichen. An dieser Stelle finden sich die Körner nur noch spärlich und liegen entsprechend der starken Divergenz der Zapfenfasern weiter auseinander. So findet sich also unter der Limitans externa in der Mitte der Macula ein körnerfreier, nur von den hier divergierend verlaufenden Zapfenfasern eingenommener Raum von der Gestalt eines gleichschenkligen, stumpfwinkligen Dreiecks, dessen Spitze gegen den Fundus foveae gerichtet ist. Es ist unter diesen Umständen nicht ausgeschlossen, dass in der Mitte der Macula die Zapfenkörner in geringem Umfange auch gelegentlich fehlen können. — Kuhnt (l. c.) schildert diese Verhältnisse anders, obgleich die nach einem seiner Präparate angefertigte Zeichnung Schwalbe's mehr meiner Darstellung, die sich denen der übrigen Autoren anschliesst, entspricht. Er schreibt nämlich: „Hierselbst (in der Foveola fundi) lagern auch die Zapfenkörner nur in einfacher Lage neben einander und der Limitans externa unmittelbar an. Von da an aber rücken einzelne Körner, deren Durchmesser grösser als der der zugehörigen Innenglieder der Zapfen ist, von der Limitans externa ab und begannen eine Art zweiter Lage zu

bilden.“ — Ich will diese Angabe K u h n t's auf ihre Richtigkeit hin nicht bezweifeln. Jedenfalls ist sie aber, vorausgesetzt, dass sein Schnitt wirklich durch die Mitte der Fovea ging, als eine Abweichung von der Regel zu betrachten, nachdem sowohl ich als viele andere nur das oben angeführte Verhalten der Körnerschicht beobachten konnten.

#### IV. Die Henle'sche Faserschicht. (Äussere Faserschicht, Schicht der Zapfenfasern.) (Fig. 1 d.)

Den Angaben über die Struktur dieser Schicht habe ich nichts Wesentliches hinzuzufügen. Der schräge Verlauf der Zapfenfasern wurde zuerst von B e r g m a n n beobachtet und beschrieben. Genauere Angaben darüber verdanken wir den Untersuchungen H e n l e's, die ich in vollem Umfange bestätigen kann. In keinem meiner Präparate konnte ich einen geradlinigen Verlauf der Fasern constatiren, wie D i m m e r beschreibt und abbildet. Vielmehr verliefen sie stets in einer gestreckten ~förmigen Bogenlinie, derart, dass sie in steiler Richtung aus der äusseren Körnerschicht hervortretend eine Strecke weit mehr oder weniger in der Längsrichtung der Schicht verliefen, um dann plötzlich, mehrere zu einem Bündel vereint, fast senkrecht in die äussere granulirte Schicht auszulaufen. In gewisser Entfernung von dem Centrum der Fovea treten die Fasern auch aus der Körnerschicht in Bündel gruppirt aus.

Die Faserschicht verdünnt sich nach dem Fundus foveae ziemlich schnell, fehlt aber auch hier nicht völlig, wenngleich sie durch die starke Divergenz der Fasern auf ein Minimum reduziert ist. Wenn D i m m e r diese Schicht in der Mitte der Fovea fehlen lässt, so beruht dies wohl auf einem Irrthum; denn solange Zapfenkörner am Grunde des Fundus sich finden, müssen natürlich auch Zapfenfasern hier vorhanden sein.

#### V. Die äussere reticuläre oder subepitheliale Schicht. (Äussere granulirte Schicht, Zwischenkörnerschicht, Schicht der Nervenansätze.) (Fig. 1 e.)

Nach H e n l e ist eine äussere reticuläre Schicht, soweit die Fasern der äussern Faserschicht in der Ebene der Retina streichen, nicht nachweisbar. M. S c h u l t z e, M e r k e l und S c h w a l b e jedoch beobachteten eine solche und geben



sie auch in ihren Abbildungen wieder. Letzterer lässt sie sich im Gebiet der Macula nebst der inneren granulirten Schicht sogar um ein Geringes verbreitern. Neuerdings ist das Vorhandensein dieser Schicht wiederum durch *Dimmer* bestätigt, dem ich mich nach meinen Beobachtungen anschliessen kann. Darin stimmen alle Autoren überein, dass die äussere sowohl wie die innere reticuläre Schicht sich nach der Fovea zu allmählich verdünne, um im Centrum derselben zu verschwinden oder richtiger gesagt, in jene dichtere, ebenfalls granulirt erscheinende, zum grössten Theil wohl aus Stützgewebe bestehende Maasse überzugehen, welche den Raum am Boden der Fovea zwischen der äusseren Faserschicht und der *Limitans interna* einnimmt. Nach *Schwalbe's* Ansicht handelt es sich in diesem Gebilde wahrscheinlich um einen Rest der gesammten reticulären Substanz der Gehirnschicht. In dieselbe sind, wie wir unten sehen werden, auch noch vereinzelte Elemente der beiden gangliösen Schichten eingebettet. — An dem der Faserschicht zugekehrten Rande der äusseren granulirten Schicht beobachtete ich auch jene von *Merkel* (l. c. pag. 10) schon beschriebenen, „nach Art einer mathematischen Hilfslinie“ in einer unterbrochenen Reihe zusammengestellten plattenförmigen Körperchen, auf die ich später noch zu sprechen kommen werde.

#### VI. Die innerere Körnerschicht. (Körnerschicht, innere gangliöse Schicht, Ganglion retinae.) (Fig. 1f.)

Diese Schicht ist im Gebiet der Macula durch Vermehrung ihrer Elemente fast um das Doppelte verbreitert. Die Körner sind um ein Geringes grösser als die der äusseren Körnerschicht, aber kleiner als die Ganglienzellen. Gegen die Fovea zu verdünnt sich die Schicht allmählich, verläuft in leichter, dem Abfall der Fovea angepassten Krümmung auswärts und vereinigt sich in geringer Entfernung vom Fundus mit der Ganglienschicht. Vereinzelte Zellen beider Schichten finden sich ohne bestimmte Anordnung untereinander gemischt auch am Boden des Fundus foveae eingelagert in jene oben erwähnte dichte reticulirte Substanz, wobei sie an die von der *Limitans externa* gegen den Fundus zu herabgetretenen Körner der äusseren Körnerschicht anstossen. Hierdurch wird eine Verbindung mit den entsprechenden auf der

gegenüberliegenden Seite der Fovea gelegenen Schichten hergestellt. Das vollständige Fehlen der beiden gangliösen Schichten am Fundus foveae, was von vielen Autoren, auch jüngst wieder von Dimmer als die Regel angesehen wird, habe ich nur dann beobachten können, wenn die Fovea ein ausserordentlich flaches Relief zeigte, so dass der Boden derselben auf längere Strecke eben verlief. Da ein solches Verhalten der Fovea aber kaum als das normale angesehen werden kann (ich habe es eigentlich nur an schlecht fixirten Präparaten gefunden), so ist wohl auch das Fehlen dieser Schichten im Fundus foveae nicht als Regel aufzustellen. Es besteht daher die Schilderung Henle's (l. c. pag. 693) zu Recht: „Die beiden gangliösen Schichten fliessen zuerst unter sich und im eigentlichen Centrum der Fovea mit der Körnerschicht zu einer Körnerlage von 0,08 mm Mächtigkeit zusammen, in welcher die Grenzen der einzelnen Schichten nicht mehr erkennbar sind.“

#### VII. Die innere reticuläre Schicht. (Innere granulirte Schicht.) (Fig. 1g.)

Auch diese erfährt im grössten Durchmesser der Macula eine geringe Dickenzunahme, die jedoch bald einer allmählichen Verschlümmung wieder Platz macht, indem die Schicht zwischen den convergirenden gangliösen Schichten verlaufend sich nach und nach zuspitzt, um dort wo die letzteren zusammenfliessen ihr Ende zu erreichen.

#### VIII. Die Ganglienzellschicht. (Ganglion nervi optici.) (Fig. 1h.)

Diese nimmt bekanntlich durch die ausserordentliche Vermehrung ihrer Elemente nebst der äussern Faserschicht den wesentlichsten Antheil an der Verdickung der Retina im gelben Fleck. Auch sie verdünnt sich gegen die Fovea zu, indem sie im Bogen zum Fundus derselben herabsteigt und hier jene oben erwähnte Vermischung mit der inneren Körnerschicht eingeht. Auch sie ist also am Boden der Fovea der Regel nach noch durch einzelne Elemente vertreten. — Die Form der Ganglienzellen ist, wie von Merkel zuerst angegeben wurde, eine birnförmige. Das spitze Ende derselben ist meist der Mitte der Fovea zugewandt.

## IX. Die Nervenfaserschicht. (Fig. 1i.)

Eine zusammenhängende Nervenfaserschicht hört, wie Dimmer und vor ihm Andere bereits beobachteten, in sehr wechselnder Entfernung von der Mitte der Fovea auf, erstreckt sich aber immer über die Höhe der Netzhautanschwellung hinweg (Dimmer, ich). Sie ist bei der grossen Menge von Ganglienzellen auffallend dünn; auf der Seite des Opticuseintritts jedoch, wie ich constatiren konnte, immer dicker als auf der entgegengesetzten. Auch sind vereinzelte Fasern hier weiter gegen den Grund der Fovea zu verfolgen. Die Schicht der Ganglienzellen ist dort, wo die Nervenfasern zu fehlen scheinen, noch durch einen dünnen Saum einer granulirt erscheinenden Substanz von der Limitans interna getrennt (Kuhnt, ich).

Dass die Nerven im Grunde der Fovea nicht wirklich fehlen können, ist von Henle und Merkel bereits betont und neuerdings von Dogiel<sup>1)</sup> nachgewiesen worden; sie entziehen sich in Folge ihres eigenthümlichen Verlaufes im Gebiet der Macula nur unserer Beobachtung, oder präsentiren sich wenigstens nicht in dem gewohnten Bilde. Es verlaufen nämlich nach den Untersuchungen Michel's<sup>2)</sup> und Dogiel's (l. c.) die in dem Raum zwischen Opticuseintritt und Macula befindlichen Fasern in gerader radiärer Richtung. Dies ist jene zusammenhängende Lage, die sich in unserer Abbildung in der Längsrichtung getroffen documentirt (Fig 1, M). Die zur Seite dieses Bündels (Macula-Bündel) aus der Papille hervorgehenden Fasern ziehen jedoch in leichten, mit der Concavität jenem Bündel zugekehrten Bogen zur Macula, und zwar treten die den geradeverlaufenden Fasern zunächstliegenden von oben und unten in dieselbe ein, während die äusseren convexen Fasern kreisförmig auf der entgegengesetzten Seite um die Macula herum-

---

1) Dogiel, A. S., Ueber die nervösen Elemente in der Retina des Menschen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 40. 1892, pag. 29.

2) Michel, J., Ueber die Ausstrahlungsweise der Opticusfasern in der menschl. Retina. Beitr. zur Anat. und Physiol. C. Ludwig gewidmet, 1874.

ziehen. Letztere können daher in einem gleichzeitig durch Macula und Papille gelegtem Schnitt nur der Quere nach getroffen in Erscheinung treten und geben dann, wie in unserer Abbildung (Fig. 1, L), die Bedingung zu jener auf der dem Opticuseintritt entgegengesetzten Seite liegenden, gekörnt erscheinenden Nervenlage. — Endlich hat Dogiel noch nachgewiesen, dass die Nervenfaserschicht in Gestalt einer sehr dünnen und weitmaschigen, aus feinen Bündelchen und einzelnen Achsencylindern bestehenden Schicht auch im Grunde der Fovea vorhanden sei.

#### X. Membrana limitans interna. (Fig. 1 k.)

Hier bleibt mir nur übrig, die Angaben Merkel's (l. c. pag. 12) zu bestätigen. Die Membran erreicht an der breitesten Stelle der Macula eine beträchtliche Dicke (nach Merkel 0,003 mm). Sobald sie sich jedoch in die Fovea hinabsenkt, verdünnt sie sich von Neuem, um am Grunde derselben nur noch als jener feine strichtförmige Contour wie im übrigen Theil der Retina zu erscheinen. Sie macht im Bereich der Macula durchaus den Eindruck einer selbstständigen Membran, wie auch Merkel bereits hervorhob. Häufig sieht man an Schnitten diese Membran als scharf begrenzte Linie von der Unterlage abgehoben.

Für die Gesamtheit der histologischen Structur der Macula möchte ich noch hinzufügen, dass meist alle Schichten auf der Seite des Opticuseintritts mächtiger sind als auf der entgegengesetzten Seite der Fovea. Ich konnte dies Verhalten, auf welchem jedenfalls jener oben erwähnte steilere Abfall der Fovea an der medialen Seite beruht, in allen meinen Präparaten beobachten. Auch die Abbildung gibt diese Verhältnisse deutlich wieder. (Fig. 1, M.)

In Bezug auf die Stützsubstanz des gelben Fleckes ist zu bemerken, dass dieselbe im Vergleich zu ihrer Ausbildung im übrigen Theil der Netzhaut hier bedeutend zurücktritt. Daher rührt wesentlich seine grössere Weichheit und das raschere Auftreten von postmortalen Veränderungen (Toldt). Deutliche Müller'sche Radialfasern habe ich nirgends in meinen Präparaten wahrnehmen können. Nur vereinzelt sah ich zarteste

Stützsubstanzfasern zwischen den zelligen Elementen verlaufen. An einem meiner Schnitte, der nicht durch die Mitte der Fovea ging, konnte ich auch mit grosser Deutlichkeit jenen von Merkel (l. c.) abgebildeten zarten Stützapparat der Henle'schen Faserschicht constatiren.

Alle früheren Autoren stimmten darin überein, dass die Fovea centralis der Blutgefässe entbehre. Auch Schwalbe spricht in seinem Lehrbuche über die Anatomie der Sinnesorgane (1887) noch von einem etwa 0,5 mm im Durchmesser haltenden gefässlosen Bezirk (H. Müller, Leber, Becker) im Grunde der Fovea. Vorher jedoch hat schon Wadsworth (l. c. pag. 108) in einer Entfernung von nur 0,376 mm vom Centrum der Fovea noch Capillargefässe angetroffen. Ich selbst habe dieselben noch näherdem Centrum, nämlich 0,152 mm von demselben beobachten können. Der Umfang eines solchen gefässlosen Bezirks, dessen Existenz durch äusserst zuverlässige Injectionspräparate (H. Müller) sichergestellt ist, wird überhaupt ein sehr wechselnder sein und in einem bestimmten Verhältniss stehen zu der Menge der im Centrum der Fovea noch vorhandenen Ganglienzellen, da ja bekanntlich nur die nervösen Schichten der Retina (wenigstens beim Menschen) gefässführend sind. Jedenfalls sind die bisherigen Maassangaben über den gefässlosen Fleck der Retina dementsprechend bedeutend zu reduciren, oder wenigstens in weitere Grenzen zu fassen.

---

Ich komme nunmehr zum zweiten Theile meiner Untersuchungen, nämlich zur Betrachtung der Netzhautgebiete ausserhalb der Macula lutea, wobei ich besonders die sog. Henle'sche Faserschicht im Auge habe. Für die Structur der übrigen Schichten und ihrer sie zusammensetzenden Elemente bleiben mir nur einige wenige Bemerkungen übrig.

Die Schicht der schrägverlaufenden Zapfenfasern im Gebiet der Macula lutea, wo sie jene mächtige Entwicklung erlangt, wurde meines Wissens zuerst im Jahr 1854 von Berg-

mann<sup>1)</sup> beschrieben. In den folgenden Jahren wurde sie Gegenstand eingehender Untersuchungen von Seiten Henle's und M. Schultze's. Besonders Ersterem verdanken wir die genauesten Angaben über die Structur und Verbreitung derselben. Während früher diese Schicht einfach der in der Macula stark verdickten „Zwischenkörnerschicht“ zugezählt wurde, führte Henle zuerst eine Sonderung derselben von der eigentlichen Zwischenkörnerschicht ein und nannte sie die äussere Faserschicht. Ihm zu Ehren erhielt sie später, wie bekannt, den Namen der Henle'schen Faserschicht. — M. Schultze allerdings sprach sich gegen die Einführung einer besonderen äusseren Faserschicht im Henle'schen Sinne aus, indem er geltend machte, dass dieselbe nur eine Modification der äusseren Körnerschicht darstelle, bedingt durch das Zurücktreten der Körner und einer dadurch entstandenen zellarmen Unterabtheilung derselben von rein faseriger Structur. Dementsprechend schlug er die Bezeichnung „innere Abtheilung der äusseren Körnerschicht“ vor. Nichtsdestoweniger hat sich die Bezeichnung der Henle'schen oder äusseren Faserschicht — wohl aus practischen Gründen — bis auf den heutigen Tag erhalten.

Ausser in der Macula kommt nun diese Faserschicht auch im übrigen Bereich der Netzhaut vor. Wiederum verdanken wir Henle hierüber die ersten ausführlicheren Angaben, die noch heute als durchaus zutreffend bezeichnet werden können. Er schreibt darüber (l. c. pag. 667): „Zwischen musivische und nervöse Schicht der Retina tritt bei den Säugethieren zuweilen, ohne dass eine Species oder Region des Auges bevorzugt schiene, beim Menschen häufig und im centralen Theil der Retina des letzteren regelmässig eine Zwischenschichte hinzu, aus Fasern bestehend, welche die musivische Schichte mit der nervösen verbinden. Die Zwischenschichte, die ich äussere Faserschichte nennen werde, ist nur an Dickendurchschnitten der erhärteten Retina nachweisbar. Die Fasern verlaufen in der thierischen und im peripherischen Theil der menschlichen Retina radiär d. h. durch die Dicke der Retina; in der Macula lutea und eine grössere oder geringere Strecke weit im

---

1) Bergmann, Zur Kenntniss des gelben Flecks der Netzhaut. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. V. 1854, pag. 245.

Umfänge derselben haben sie einen flächenhaften Verlauf . . . . . Wo die äussere Faserschicht ausserhalb der Macula lutea in ansehnlicher Mächtigkeit vorkommt, haben die Fasern einen radiären Verlauf und sind in Bündel gesondert, welche grosse, elliptische, in einer auf die Retina senkrechten Richtung verlängerte, Lücken einschliessen . . . . . Die Ausdehnung, bis zu welcher die radiären Fasern sich peripherisch erstrecken, scheint keiner Regel unterworfen zu sein; in dem einen Auge fand ich sie noch in der Nähe der Ora serrata, in einem anderen waren sie medianwärts von der Eintrittsstelle des Sehnerven dicht neben derselben nicht zu finden. Die Grenze zu treffen, wo die äussere Faserschicht sich verliert und Körner- und äussere granulirte Schichte in Berührung treten, ist mir bis jetzt nicht gelungen. Auch kann ich nicht behaupten, dass der Mangel der äusseren Faserschicht nur den peripherischen Partien der Retina eigen sei, und dass sie nicht peripherisch wieder auftreten könne, nachdem sie bereits von der Macula lutea her sich verloren hat.“

Das Bestehen dieser von Henle so ausführlich beschriebenen Faserschicht auch ausserhalb der Mucula scheint nun bei den neueren Autoren völlig in Vergessenheit gerathen zu sein. Alle modernen Lehrbücher erwähnen dieselbe fast ausschliesslich nur bei Betrachtung der Macula lutea oder höchstens noch in deren nächster Umgebung im Augenhintergrunde. Nur Kölliker<sup>1)</sup> hebt in seinem Lehrbuche im Anschluss an Henle hervor, dass die „Zwischenkörnerlage“ an vielen Stellen deutlich aus zwei Theilen bestehe; nämlich aus der äusseren Faserschicht und der äusseren feinkörnigen Lage (eigentliche Zwischenkörnerschicht, die heutige äussere reticuläre Schicht). Am Aequator soll nach ihm die Faserschicht fehlen, um jedoch weiter nach vorn von Neuem aufzutreten. In seinen Abbildungen (l. c. pag. 668, 677, 680), die übrigens nur dem Augenhintergrunde entnommen sind, ist diese Differenzirung der „Zwischenkörnerschicht“ nicht ausgeführt worden. — In den Abbildungen der übrigen Autoren (M. Schultze, Toldt, Orth, Schenk etc.) findet die Henle'sche Faserschicht entweder gar keine Berücksichtigung oder wird in den-

---

1) Kölliker, Handb. der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1867, pag. 673.

selben, wenn sie gezeichnet ist, so z. B. bei Stöhr<sup>1)</sup> äussere reticuläre Schicht benannt und so mit der eigentlichen reticulären Schicht (äussere granulirte Schicht) fälschlich confundirt. Die einzige Abbildung, in welcher nach Henle die äussere Faserschicht als solche neben der äusseren reticulären bezeichnet ist, finden wir in dem Schwalbe'schen Schema (l. c. pag. 98), das nach dem bekannten Schultze'schen modificirt ist.

Ich habe mich nun an einer Anzahl von Netzhautpräparaten überzeugen können, dass das Vorhandensein dieser Schicht auch in den vorderen Partien der Netzhaut ein recht häufiges ist, wenngleich sie an manchen Augen vollständig zu fehlen scheint. Es ist mir aufgefallen, dass unter den mir zur Verfügung stehenden Präparaten die frisch conservirten und gut fixirten in grösserer oder geringerer Ausdehnung und Mächtigkeit diese Schicht stets aufwiesen. Möglich, dass dieselbe sehr schnell postmortalen Veränderungen (Erweichung) unterliegt, sodass eine Compression von Seiten der übrigen Schichten erfolgt, die eventuell durch ungeeignete und namentlich zu spät wirkende Fixationsmittel noch verstärkt wird. Wie dem auch sein mag, es steht jedenfalls fest, dass die Henle'sche Faserschicht in den meisten Fällen ein deutlich differenzirtes Constituens der menschlichen Netzhaut in ihrer ganzen Ausdehnung bildet und deshalb erneute Berücksichtigung in unseren Lehrbüchern verdient. Auch in den Abbildungen, besonders in den Schema's sollte sie nicht fehlen. — Ich nehme daher die Gelegenheit wahr, zumal ich an der Hand vorzüglich conservirter Präparate in der Lage bin, durch naturgetreue Abbildungen (Fig. 2, 3 und 4) diese Verhältnisse in den verschiedenen Regionen der Retina wiederzugeben, die Henle'sche Faserschicht in ihre alten Rechte zurückzusetzen. — Die Abbildungen bedürfen in dieser Beziehung keiner eingehenderen Erläuterung. Die Henle'sche Darstellung hat noch heute ihre völlige Berechtigung. — Ich kann mich daher darauf beschränken, den auf Grund eigener

---

1) Stöhr, Ph., Lehrb. der Histol. Jena 1892, pag. 253. — Stöhr gibt übrigens trotzdem in seiner Abbildung den charakteristischen Unterschied zwischen Faserschicht und reticulärer Schicht deutlich wieder.



Beobachtungen gewonnenen Resultaten folgende Formulierung zu geben:

Die Henle'sche oder äussere Faserschicht der menschlichen Netzhaut hat den Mittelpunkt ihrer mächtigsten Entfaltung in der Macula lutea. Von hier aus nimmt sie nach der Peripherie zunächst gleichmässig an Dicke allmählich ab, derart, dass sie regelmässig im Augenhintergrunde sich noch als eine beträchtliche Schicht repräsentirt, die hier wesentlich zur Vergrösserung des Dicken-durchmessers der Retina beiträgt. Von jetzt an jedoch weiter nach vorn zu ist die Abnahme der Schicht in vielen Fällen keine gleichmässige mehr, sondern mannigfachen Schwankungen unterworfen, sodass sich keine bestimmte Regel hierfür aufstellen lässt. Sie kann beispielsweise am Aequator dünner sein als in der Nähe der Ora serrata oder dort bereits gänzlich fehlen, um später gegen die Ora serrata zu von Neuem aufzutreten. Die Gesammtheit der Retina jedoch macht diese Schwankungen nicht mit, sie nimmt vielmehr gleichmässig vom Augenhintergrunde bis zur Ora serrata an Dicke ab (vergl. Fig. 2, 3 und 4). Die Unregelmässigkeiten in der Breite der Faserschicht beruhen auf umschriebenen Verdickungen der äusseren Körnerschicht, die entweder durch grössere Anhäufung von Körnern oder durch Auseinanderweichen und eventuelles Herabtreten derselben bis zur äusseren granulirten Schicht bedingt ist.

Die von Henle beschriebene monströse Entwicklung der äusseren Faserschicht im Bereich der Ora serrata beruht auf einem Irrthum; wenigstens insofern als die dort befindliche faserige Schicht zwischen äusserer und innerer Körnerlage nicht mehr der Henle'schen Faserschicht homolog ist. Das Hauptconstituens der eigentlichen Faserschicht bilden bekanntlich die Stäbchen- und Zapfenfasern (in der Macula nur die

Zapfenfasern). Die Schicht der Sehzellen ist nun aber an der Ora serrata bereits sehr lückenhaft und z. Th. gänzlich geschwunden, dementsprechend auch die Fasern derselben bedeutend an Zahl abgenommen haben müssen. Schon aus diesem Grunde allein ist die stärkere Entwicklung einer solchen Faserschicht an dieser Stelle ausgeschlossen. Spätere Untersuchungen haben denn auch ergeben, dass es sich in dieser dort thatsächlich sehr ausgebildeten Schicht von faseriger Structur lediglich um eine starke Vermehrung der Stützsubstanz spez. der Müllerschen Fasern handelt.

In jener Retina, die dem von Herrn Dr. Fick überlassenen Auge entstammt, war die Abnahme der äusseren Faserschicht vom Augenhintergrund bis zur Ora serrata eine gleichmässige; erst dicht vor der letzteren verschwand sie vollständig. Die beigegebenen Abbildungen (Fig. 2, 3 und 4), welche den verschiedenen Zonen dieses Präparates entnommen und nach Schnitten ein und desselben Meridians angefertigt sind, mögen diese Verhältnisse illustriren.

Der Typus der Faserschicht ist bei diesen in Sublimat fixirten Präparaten ein anderer als wir ihn aus den Henle'schen Abbildungen kennen. Während wir in letzteren die Fasern zu Bündel geordnet, die elliptische Zwischenräume umfassend von der äusseren Körnerschicht zur äusseren granulirten Schicht verlaufen, antreffen, sehen wir sie in meinen Abbildungen (Fig. 2, 3 und 4.d) von einander getrennt in mehr oder weniger paralleler Anordnung und radiärer Richtung zur granulirten Schicht herabziehen. Dazwischen findet sich ausserdem noch ein zartes weitmaschiges Netzwerk einer hie und da gekörnt, meistens jedoch homogen erscheinenden Substanz. Ich halte dieses Gerüstwerk für einen Theil der Stützsubstanz der Netzhaut. Dementsprechend bin ich genöthigt anzunehmen, dass in den Henle'schen Präparaten in Folge ungeeigneter Fixation (Alkohol, Chromsalze) Schrumpfungen und Verklebungen zwischen den einzelnen Bestandtheilen der Faserschicht stattgefunden haben, die jene Bün-

delbildung und die dadurch bedingte Undeutlichkeit der zarten Stützsubstanz verursachten. — In der Macula finden wir ein derartig characterisirtes Gerüst von Stützsubstanz nicht. Es erklärt sich dies durch die geringere Ausbildung und zartere Structur derselben in dieser Region.

Ueberhaupt nimmt die Stützsubstanz vom Augenhintergrunde nach der Peripherie der Retina bedeutend an Mächtigkeit zu, wie ein Vergleich der drei Abbildungen (Fig. 2, 3 und 4) ohne Weiteres zeigt. Ihre höchste Entwicklung erlangt sie in der Ora serrata durch jene oben erwähnte faserige Schicht zwischen äusserer und innerer Körnerlage, die also mit der Henle'schen Faserschicht nicht zu verwechseln ist.

Die Zapfenfasern sind im Bereich der Macula dünner und zarter als in den übrigen Netzhautbezirken, wo sie sich durch ihre bedeutende Dicke leicht von den Stäbchenfasern unterscheiden.

Characteristisch für die Zapfenfasern ist ferner, wie bekannt, jene kegelförmige Verbreiterung, mit deren etwas vertiefter Basis sie der Aussenseite der äusseren reticulären Schicht aufsitzen. Unmittelbar unterhalb dieser Zapfenkegel fand ich nun fast beständig ein dunkel gefärbtes plattenförmiges, undeutlich contourirtes Körperchen, das stellenweise mit jenen in scheinbarem Zusammenhange stand und wie eine Fussplatte sich ausnahm; häufiger jedoch durch einen helleren Saum davon getrennt war. Es sind dies zweifellos dieselben Gebilde, welche in der Macula lutea in Folge ihrer dichten Aneinanderlagerung jene oben erwähnte, von Merkel zuerst beschriebene unterbrochene Linie darstellen. Sie sind identisch mit den von Dogiel<sup>1)</sup> beobachteten „granulirten Klümpchen“, die in der etwas vertieften Basis der Anschwellung eines jeden Zapfenfusses liegen und das in einen dichten Büschel feinsten varicöser Fäden zerfallende Ende des peripheren Fortsatzes der bipolaren Nervenzellen darstellen. Die Sehzelle selbst liegt den erwähnten Klümpchen bloss an, ohne mit denselben etwas gemein zu haben (Dogiel).

1) Dogiel, A., Ueber die Retina des Menschen. — Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Histol. 1884 pag. 161.

Zum Schluss noch einige kleinere histologische Bemerkungen.

Die von Henle zuerst beschriebene und später von vielen anderen Autoren beobachtete quere Bänderung der Stäbchenkörner habe ich in meinen Präparaten (Sublimatfixation) nicht in einem einzigen Falle antreffen können. Die Stäbchenkörner besaßen vielmehr, ähnlich wie die Zapfenkörner ein sehr deutliches, gleichmässig vertheiltes Kerngerüst, und meist ein oder mehrere Kernkörperchen. Die Stäbchenkörner sind, wie bisher angegeben, durchaus nicht immer ellipsoid, sondern recht häufig rund. Die ellipsoide Form wird in vielen Fällen durch geringe Protoplasmae Reste und die konische Verbreiterung der zugehörigen Fasern am äusseren und inneren Pol der Kerne vorgetäuscht.

Die Kerne der Zapfen, welche (ausser in der Macula lutea) für gewöhnlich dicht unter der Limitans externa lagern, treten in der Nähe der Ora serrata häufig weiter von dieser ab und stehen solchergestalt mit dem Innengliede der Zapfen durch ein lang ausgezogenes Halsstück in Verbindung.

Es ist mir endlich aufgefallen, dass die zelligen Elemente der Retina, vielleicht mit Ausnahme der Zellen des Ganglion nervi optici, vom Augenhintergrunde nach der Peripherie zu allmählich an Grösse abnehmen. Auch die Stäbchen und Zapfen (diese besonders) betheiligen sich hieran. Letztere sind in der Nähe der Ora serrata stark verschmächtigt und machen einen etwas verkümmerten Eindruck. (Fig. 4). — Ich weiss nicht ob dieses Verhalten schon beobachtet ist. Jedenfalls gibt der Vergleich von Abbildung 2, 3 und 4, die bei ein und derselben Vergrösserung gezeichnet sind und demselben Auge entstammen, eine deutliche Anschauung hiervon.

Am Schluss meiner Arbeit nehme ich Gelegenheit, meinem verehrten Chef, Herrn Professor Stöhr, meinen besten Dank für seine lebenswürdige Unterstützung bei Ausführung dieser Untersuchungen auszusprechen.

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel XII.

---

Für alle Figuren gültige Bezeichnungen:

- a) Schicht der Stäbchen und Zapfen.
  - b) Limitans externa.
  - c) Aeussere Körnerschicht.
  - d) Henle'sche Faserschicht.
  - e) Aeussere reticuläre Schicht.
  - f) Innere Körnerschicht.
  - g) Innere reticuläre Schicht.
  - h) Ganglienzellenschicht.
  - i) Nervenfaserschicht.
  - k) Limitans interna.
- 

Fig. 1. Horizontalschnitt durch die Macula lutea eines 60 Jahre alten Mannes. — Sublimatfixation. — Färbung mit Hämatoxylin und Eosin. — Vergr. 135.

Fig. 2. Meridionalschnitt durch ein Stück der Retina aus dem Hintergrunde der unteren Augenhälfte eines 37jährigen Mannes. — Sublimatfixation. — Färbung mit Borax-Carmin und Methylviolett (nach Oppel). — Vergr. 500.

Fig. 3. Meridionalschnitt durch ein Stück der Retina aus der äquatorialen Zone der unteren Augenhälfte eines 37jährigen Mannes. — Sublimatfixation. — Färbung mit Borax-Carmin und Methylviolett (nach Oppel). — Vergr. 500.

Fig. 4. Meridionalschnitt durch ein Stück der Retina in der Nähe der Ora serrata der unteren Augenhälfte eines 37jährigen Mannes. — Sublimatfixation. — Färbung mit Borax-Carmin und Methylviolett (nach Oppel). — Vergr. 500.

NB. Die Schnitte, denen die Abbildungen 2, 3 und 4 entnommen sind, liegen auf demselben Meridian.