

Ueber die menschliche Retina.

Von

Prof. Fr. Merkel in Rostock.

(Hierzu Tafel I u. II.)

Wenn man auch seit H. Müller's und Max Schultze's Untersuchungen in der Erkenntniss des anatomischen Baues der menschlichen Retina ganz ausserordentliche Fortschritte gemacht hat, und wenn man es diesen Forschern auch zu danken hat, dass die Zahl und Lagerung der einzelnen Schichten der Netzhaut definitiv festgestellt wurde, so haben doch weder sie selbst, noch auch ihre zahlreichen Nachuntersucher es vermocht, einen Zusammenhang der Opticusfasern mit den Endorganen, die man in den Stäbchen und Zapfen vermuthen muss, nachzuweisen. Dass die Fasern des Sehnerven in die Ganglienzellen eintreten, ist eine bekannte Sache, dass ferner die meisten innern Körner nervöser Natur sind, wird von Niemandem bezweifelt, trotzdem, dass es schwierig ist, durch die innere granulirte Schichte hindurch ihre Fortsätze zurück zu verfolgen. Es hat ja sogar Henle, durch das Aussehen und das ganze Verhalten dieser Zellen bewogen, den Namen „äussere

gangliöse Schichte" eingeführt, eine Bezeichnung, gegen deren Richtigkeit sich durchaus nichts einwenden lässt.

Auf der anderen Seite war es leicht, von den Stäbchen und Zapfen Fasern ausgehen zu sehen, welche nach dem Passiren einer Zelle der äusseren Körnerschichte bis an die Grenze der äusseren granulirten Schichte heranreichen. Wie aber durch dies letztere Stratum hindurch der Zusammenhang zwischen den Fasern der inneren Körner und denen der äusseren Körner stattfindet, dies ist bis jetzt keinem Beobachter gelungen zu ergründen, so dass Henle sich in der neuen Auflage seiner Eingeweidelehre 1875 zu der Aufstellung des wenig tröstlichen Satzes: „Hier aber bleibt eine Lücke, welche die Beobachtung noch nicht ausgefüllt hat" genöthigt sieht.

Diese stets negativen Untersuchungsergebnisse haben denn auch die natürliche Folge gehabt, dass die Frage auftauchte, ob überhaupt ein nervöser Zusammenhang zwischen den äusseren und inneren Schichten der Netzhaut existirt, und es hat in der That Krause schon vor Jahren*) durch die Beobachtung selbst den Beweis anzutreten gesucht, dass die nervösen Theile der empfindenden Augenhaut an der inneren Seite der äusseren granulirten Schichte ihr Ende erreichen und hat trotz der inzwischen erschienenen umfangreichen Arbeit von W. Müller,**) in welcher für niedere Thiere der Zusammenhang zwischen Opticusfasern und „Sehzellen" abgebildet ist, diese seine Ansicht in neuester Zeit***) durch eine wiederholte Untersuchungsreihe an Objecten aus allen Wirbelthierklassen aufrecht zu erhalten gesucht.

*) W. Krause. Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig, 1868.

**) Festgabe für Carl Ludwig. Leipzig 1874. W. Müller, Ueber die Stammesentwicklung des Sehorganes der Wirbelthiere.

***) Archiv für mikr. Anat. XII. Bd. Die Nervenendigungen in der Retina, p. 742.

Da diese Darstellung Krause's von keiner Seite wirklich Beifall gefunden hat, so muss auch jetzt noch die Frage nach der Endigung der Opticusfasern in der menschlichen Retina als eine offene betrachtet werden.

Soll eine erneute Prüfung der fraglichen Verhältnisse zu einem befriedigenden Resultate führen, so ist es nach dem Gesagten vor Allem nöthig, mehr Klarheit über die Bestandtheile der äusseren granulirten Schichte und ihren Zusammenhang mit den Körnerschichten zu gewinnen. Kennt man diese Dinge erst genauer, dann bieten auch die übrigen Schichten, über deren Zusammensetzung man zum allergrössten Theil schon unterrichtet ist, nur Schwierigkeiten secundärer Art, deren Hinwegräumung mit den heutigen Mitteln der Untersuchung, leicht zu bewerkstelligen sein dürfte.

Die äussere granulirte Schicht hat, wie es uns die vorhandenen Beschreibungen lehren, ein körnig-faseriges Gefüge, das heisst, sie besteht aus kurzen Fäserchen, die zum grössten Theil flächenhaft oder schief verlaufend, sich in allen möglichen Richtungen kreuzen, und aus einer weiter unten zu besprechenden granulirten Substanz, welche den freibleibenden Raum einnimmt. Die Fäserchen ragen an Zerpufungspräparaten über die Rissstellen heraus (Fig. 1), wie es auch M. Schultze bereits bekannt war. Neben diesen Fasern aber finden sich in der äussern granulirten Schichte noch Gebilde, welche auf der Profilansicht der Retina, wie sie ein Dickendurchschnitt darbietet, gewöhnlich wie eine unterbrochene Linie — — — erscheinen. Ich habe auf diese Linie zuerst und zwar in meiner ersten Arbeit*) aufmerksam gemacht, ohne jedoch ihre Bedeutung vollständig zu erkennen.

*) Fr. Merkel. Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Leipzig, 1870.

Von den neueren Beobachtern hat nur Henle (l. c.) derselben eine genauere Beobachtung geschenkt, während weder M. Schultze*) noch Schwalbe**) dieser eigenthümlichen Gebilde, die sich an jeder menschlichen Retina deutlich erkennen lassen, gedenken. Henle hat den Nachweis geliefert, dass die einzelnen Abtheilungen der Linie identisch sind mit den Endpunkten der Zapfenfasern an der äusseren granulirten Schichte und in der That beweist jedes Präparat, welches man einer menschlichen Netzhaut entnimmt, dass die Fig. 516 seines Handbuchs, mit welcher Henle diesen Befund illustriert, die thatsächlichen Verhältnisse durchaus entsprechend wiedergiebt. Leider hat dieser Forscher eine Angabe von mir über die fraglichen Gebilde übersehen, welche in Zusammenhang mit seinen Beobachtungen allein schon geeignet ist, eine definitive Entscheidung herbeizuführen. Auf p. 10 meiner Schrift über die Macula lutea machte ich folgende Beschreibung: „Man sieht durch diese (die äussere granulirte Schichte) eine Art unterbrochener Linie, nach Art der Hilfslinien in mathematischen Figuren, gelegt, welche der Ausdruck von kleinen plattenförmigen Verdickungen ist, in welche die Nerven-elemente der inneren Körnerschichte auslaufen (Fig. 7). Diese stark lichtbrechenden Plättchen aber, die sich gleich gut in Osmium und Platin präsentiren, konnte ich mit Zapfenfasern niemals in Verbindung sehen und bin leider genöthigt, die Constatirung des Zusammenhanges späteren Beobachtungen zu überlassen.“ So hatte ich denn damals schon in Wort und Bild den Zusammenhang der Gebilde der inneren Körnerschichte, die man ja ohne Frage den Nerven-elementen zuzählt, mit diesen „Plättchen“

*) M. Schultze. Artikel „Retina“ in Stricker's Handbuch 1871.

**) Schwalbe. Die Retina im Handbuch der Augenheilkunde von Graefe und Sämisch 1872.

constatirt. Henle hat den Zusammenhang der letzteren mit Zapfenfasern nachgewiesen und so bleibt jetzt nur noch übrig, den Schluss aus diesen Prämissen zu ziehen: ergo hängen Nervelemente und Zapfen zusammen. Der langerstrebte Nachweis der nervösen Natur der Zapfen ist somit geliefert!

Wenn auch von keinem anderen Untersucher der Retina die unterbrochene Linie beachtet wurde, so hat doch Schwalbe, wie auch Krause eine Erklärung der Abbildung der sich verbreiternden Kornfaser in Fig. 7 meiner citirten Abhandlung zu geben versucht.

Schwalbe (l. c.) glaubt in der Figur eine Gabelung der Kornfaser in zwei Aeste sehen zu müssen, während Krause in seiner „Allg. Anat.“ p. 164, sowie in seinem neuesten Aufsatz l. c. eine Verwechslung mit „Kernen der Membrana fenestrata“ supponirt. Es lassen mich diese Deutungen glauben, dass keiner der beiden Forscher die von mir beschriebenen Gebilde wirklich vor sich hatte.

Wenn ich oben sagte, dass es leicht sei, die Henleschen Resultate und seine Abbildungen zu bestätigen, und doch bei meiner ersten Arbeit (l. c.) trotz aller Mühe einen Zusammenhang der Zapfenfasern mit den in Rede stehenden Gebilden nicht zu constatiren vermochte, so scheint zwischen diesen Angaben ein Widerspruch obzuwalten. Derselbe ist jedoch nur scheinbar und erklärt sich daraus, dass ich eine andere Stelle der Retina zur Untersuchung gewählt hatte, als Henle. Benützt man nämlich, wie er, peripherische Theile der Retina, dann ist es sehr leicht, den Zusammenhang der strichartigen Gebilde mit den Zapfenfasern zu constatiren, während die zarten Kornfasern fast stets abreißen; im Bereich der Macula lutea dagegen ist die Verbindung mit den hier sehr empfindlichen Zapfenfasern eine lockerere als mit den verhältnissmässig derben Fasern der inneren Körnerschichte (Fig. 11).

So wahrscheinlich es nun nach Vorstehendem auch war, dass der postulierte Zusammenhang der nervösen Elemente durch die äussere granulirte Schichte hindurch vorhanden ist, so konnte eine vollkommene Gewissheit doch erst dann erlangt werden, wenn derselbe an einem einzigen Präparate von dem innern Korn bis zur Peripherie hin vor Augen gebracht werden konnte. Es war deshalb mein Bestreben, Isolationspräparate zu gewinnen, die einer solchen Forderung Genüge leisteten.

Mit den bisherigen Mitteln war dies jedoch nicht zu erreichen; ist es doch jedem Untersucher der Netzhaut bekannt genug, dass Zerzupfungspräparate, wenn sie fein genug ausfallen, um einen Einblick in die Details zu gestatten, stets an der äusseren granulirten Schichte zerbrechen, und dass an etwas dickeren Präparaten das Gewirre der hier vorhandenen Fasern und die verdeckende granulirte Substanz auch dem schärfsten Auge und dem besten Mikroskop undurchdringlich bleiben. Es gelang mir nun, eine Macerationsflüssigkeit zu finden, welche nicht allein den Zusammenhang der inneren und äusseren Retinaschichten erhält, sondern auch die Elemente der äusseren granulirten Schichte so erweicht, dass oft genug Zapfen, Zapfenfaser, ihre Verbreiterung in der äusseren granulirten Schichte, innere Kornfaser und inneres Korn im Zusammenhang heraus fallen.

Die Präparate, welche in der gewöhnlichen, von mir und anderen wiederholt geschilderten Weise mit einer verdünnten Osmiumlösung von $\frac{1}{2}$ Procent oder darunter behandelt sind, werden nach gehöriger Auswässerung in eine Mischung von gleichen Volumtheilen Alcohol absol., Aqua destill. und Glycerin. pur. eingelegt. Hierin bleiben sie dann unverändert liegen. Ich habe die Netzhäute manchmal schon nach wenigen Wochen brauchbar ge-

funden*), andere erst nach Monaten. Je länger man dieselben liegen lässt, um so besser werden sie, um so leichter gelingt die Isolation und ich besitze ganz besonders gute Präparate, welche zwei, drei Jahre und noch älter sind. Ein Verderben der Retinastücke in dieser Mischung habe ich bis jetzt noch nicht beobachtet. Sie sind in Gläsern aufbewahrt, welche mit gewöhnlichen eingeriebenen Glasstöpseln verschlossen sind.

Die Isolation führt man so aus, dass man ein kleines Partikelchen der zu untersuchenden Netzhaut in einem Tröpfchen Glycerin fein zerzupft und dann mehrere Male zart mit der Nadel auf das Deckglas aufpufft, wodurch ein vollständiger Zerfall des Präparates herbeigeführt wird.

Zwischen den kurz abgebrochenen Trümmern, die, wie in jedem Zerzupfungspräparat den grössten Theil des Gesichtsfeldes bedecken, finden sich nun Fragmente genug, welche die in den Fig. 1—5 dargestellten Verhältnisse zeigen. Ist die äussere granulirte Schichte nicht genügend entfernt, dann erscheinen die Zapfen mit dem dazu gehörigen inneren Korn so, wie es in Fig. 1 wiedergegeben ist. Man sieht in dem Fasergewirre der äusseren granulirten Schichte eine markirte Stelle, welche der „Hilfslinie“ entspricht, die jedoch durchaus noch nicht berechtigt, einen Zusammenhang zwischen Kornfaser und Zapfenfaser anzunehmen. Sind aber die Elemente der granulirten Schichte durch den Macerationsvorgang ganz beseitigt, dann tritt die kurze Linie und ihr Zusammenhang mit den von beiden Seiten herkommenden Fasern deutlich zu Tage (Fig. 2 und 11).

Mein erstes Bestreben nach Auffindung solcher Bilder musste es nun sein, nachzuweisen, wie die Flächen-

*) Solche Präparate wurden mir kürzlich von den Herren Professoren Henle und Leber mit grösster Liberalität zur Verfügung gestellt, wofür ich den beiden Herren meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

ansicht dieses optischen Querschnittes erscheint, besonders, ob die früher von mir geäußerte Vermuthung begründet war, dass derselbe das Profilbild eines gewissermassen zwischen Kornfaser und Zapfenfaser eingeschobenen Plättchens sei. Es fand sich diese Deutung nicht bestätigt, sondern es zeigte eine nähere Untersuchung, dass ein durchbrochener Ring vorliegt, welcher der die eigentliche Zapfenfaser umhüllenden Scheide angehört.

Schon in meinen früheren Untersuchungen über die Retina habe ich Scheiden für die Zapfenfasern nachgewiesen. In neuerer Zeit wurde dieser Fund von Schwalbe (l. c. p. 423) und Krause (allg. Anat. Fig. 92) bestätigt.

Man findet freilich nicht an allen Zapfenfasern die Scheiden deutlich sichtbar, besonders bilden Netzhäute, welche in stärkerer Osmiumlösung gehärtet sind, ungünstige Objecte. Hat man aber wohlerhaltene Präparate vor sich, dann begegnet man allenthalben Bildern, wie sie in den Figg. 6 und 8 gezeichnet sind. Hier hat sich die Zapfenfaser so gedreht, dass sie ihr inneres Ende dem Beschauer zukehrt, wodurch sowohl der besprochene Ring in der Flächenansicht zu erkennen ist, als auch das Ende der eigentlich nervösen Zapfenfaser, welche wie ein Axencylinderquerschnitt in seiner Markscheide, inmitten der umhüllenden Membran zu Tage tritt.

Dieser Ring, mit welchem die Zapfenfaserscheide im Bereich der äusseren granulirten Schicht endigt, ist verdickt, wodurch er in der Flächenansicht scharf conturirt und stark glänzend erscheint (s. d. Fig.) und in dem Profilbilde die beschriebene scharf abgechnittene Linie bildet.

Um allen etwaigen Einwürfen zu begegnen, wurden die gezeichneten Fasern durch Druck auf das Deckglas

hin- und hergerollt und dadurch unzweifelhaft gemacht, dass Ring und Linie wirklich identisch sind. Ausserdem aber wurden auch auf Flächenschnitten der äusseren granulirten Schichte die gleichen Ringe mit den darin enthaltenen Faserquerschnitten sowohl aus Müller'scher Flüssigkeit, wie noch schöner aus Osmiumlösung (Fig. 12) nachgewiesen.

Nicht an allen Präparaten aber zeigt sich dieser, die glatte Zapfenfaser umschliessende Ring gleich schön, sondern oft ist er durch die in der Retina so schnell auftretenden Leichenveränderungen mehr oder weniger entstellt. In postmortalen Vorgängen muss auch der Grund zu den auffallend verschiedenen Angaben gesucht werden, welche von den Autoren bisher über das innere Ende der Zapfenfaser gemacht wurden. Während M. Schultze und Schwalbe*) dieselbe kegelförmigen lassen, spricht Henle von einer mehr oder weniger kugelförmigen Anschwellung an dieser Stelle. Sie macht nach ihm den Eindruck einer mit wasserheller Flüssigkeit nicht ganz prall gefüllten, daher faltigen Blase, welche durch das von mir (l. c.) beschriebene Plättchen, wie durch einen Deckel verschlossen ist. Hasse und ich selbst beschrieben Theilungen des inneren Endes der Zapfenfasern und Krause zeichnet Figuren, welche zwischen denen von M. Schultze und von Henle ungefähr die Mitte halten.

Allen diesen Formen begegnete ich bei meiner diesmaligen Untersuchung wieder, ebenso wie einer Menge von anderen, welche sich den beschriebenen anschlossen.

Die Erklärung der Abbildung von Hasse und mir ist schon zum Theil von Henle (l. c. p. 680) gegeben, wenn er sagt: „Ohne die Isolirung der Zapfen-

*) Bezüglich genauerer Literaturangabe verweise ich auf die sorgfältige Zusammenstellung, welche Schwalbe in der citirten Abhandlung im Handbuch der Augenheilkunde etc. gegeben hat.

fasern mit ihren kugligen Anschwellungen konnte es leicht geschehen, dass die Conturen und Falten der letzteren für Fasern gehalten wurden." Ich möchte dem nur hinzufügen, dass auch isolirte Zapfenfasern, denen der Ring abgerissen ist, ein in mehrere Fasern ausgehendes Ende zeigen können.

Die Erklärung der Beschreibungen, welche die anderen Autoren geben, ist in den beiden von denselben zu wenig beachteten Thatsachen zu finden: einmal, dass eine Scheide vorhanden ist, und dann, dass die Zapfenfasern eine sehr grosse Neigung zur Bildung von Varicositäten haben, welche in besonderer Grösse und Constanz ebenso wie bei den Stäbchenfasern am inneren Ende beobachtet werden (Fig. 9 und 2).

Hat sich die äusserst labile nervöse Zapfenfaser unverändert erhalten, das heisst, hat sie ihre cylindrische Gestalt nicht eingebüsst, dann wird sie von der Scheide glatt überzogen und die letztere setzt sich etwas nach aussen abbiegend an ihrem Endring fest. Man erhält so die Schultze-Schwalbe'sche kegelförmige Endigung der Zapfenfaser. Von dem Endringe gehen feine Fäserchen aus (vergl. die Schemas der beiden Autoren), welche die Verbindung mit dem Netzgewebe der inneren Körnerschichte vermitteln. Ist die Zapfenfaser selbst nicht wohl erhalten, hat sich eine Varicosität am inneren Ende gebildet, dann zeigt sich dieselbe je nach dem Erhaltungszustande des Präparates in verschiedener Weise. Oft ist die Anschwellung solid, wie dies besonders an der Macula lutea beobachtet wird, oft auch scheidet die Zapfenfaser einen vacuolenartigen Tropfen aus. Ist derselbe klein und liegt er in dem Verlauf der Faser selbst, dann resultiren Bilder, wie Fig. 3 und 16. Krause lagen für seine (l. c.) Zeichnungen jedenfalls derartige Stellen vor, auch Henle bildet in Fig. 507 dergleichen Faserenden ab. Wird die Vacuolenbildung umfangreicher,

dann sieht man den Tropfen oft einseitig der Zapfenfaser angelagert und nun kommt es auch vor, dass die Scheide völlig gesprengt wird (Fig. 5). Es geben Dickendurchschnitte von Stellen der Retina, an welchen dergleichen Verhältnisse obwalten, ein sehr charakteristisches Bild. Die eine Contur der Vacuole erscheint hier durch das Andrängen der eigentlichen Zapfenfaser an die eine Wand der Scheide wie mit einem Schlag Schatten versehen.

Die Ringe selbst sind ausserordentlich resistent, und erhalten sich in allen Reagentien. Nur selten begegnet man Fasern wie in Fig. 9, wo alle Spuren des Ringes fehlen.

Noch weniger häufig sind Präparate, wie in Fig. 4, wo der Ring in der Art abgefallen ist, dass man mit voller Sicherheit die Continuität von Korn- und Zapfenfaser erkennt. Am leichtesten konnte ich jetzt, wo ich die Verhältnisse genauer kannte, ein solches Fehlen des Bindesubstanz-Ringes an den Zapfenfasern der Macula lutea constatiren. Hier pflegt nämlich nicht selten gerade das Stückchen ganz für sich zur Beobachtung zu kommen, welches innerhalb der äussern granulirten Schichte liegt, während die zugehörige Zapfenfaser und Kornfaser kurz abgebrochen sind. Eine sichere Erkennung dieser kleinen Bruchstücke wird dadurch ermöglicht, dass das untere Ende der Zapfenfaser in den untersuchten Präparaten von der Macula stets einen dunklen Punkt trägt, einem Kernkörperchen nicht unähnlich (Fig. 11 und 11a), welcher wahrscheinlich mit der Varicositätenbildung in der Faser zusammenhängt. Am seltensten begegnet man an dieser Stelle ganz gebliebenen Stücken, an denen vom Zapfen bis zum innern Korn die Continuität erhalten ist. Fragmente, wie sie in Fig. 11 abgebildet sind, werden dagegen oft beobachtet. Ebenso findet man die in Rede stehenden kleinen Stückchen (Fig. 11a) ziemlich häufig,

die nur aus dem letzten Ende der Zapfenfaser und dem ersten Anfang der Faser des inneren Kornes bestehen. Gewöhnlich haften dem Stückchen noch einige Körnchen der äusseren granulirten Schichte an, ohne dass jedoch hierdurch auch nur im Mindesten die Klarheit des Bildes beeinträchtigt würde. Der optische Querschnitt des Binde-substanzringes fehlt vollständig. Zugleich macht man an diesen Stückchen meist noch die auch an den Präparaten von peripherischen Theilen der Retina wiederkehrende Beobachtung, dass die Faserhälfte, welche dem inneren Korne angehört, dunkler erscheint, als diejenige, welche der äusseren Körnerschichte zuzuzählen ist. Ob diese Farbendifferenz in der verschiedenen entwickelungsgeschichtlichen Bedeutung, oder in den verschiedenen Bedingungen beider Abschnitte dem eindringenden Osmium gegenüber ihren Grund hat, wage ich nicht zu entscheiden; doch möchte ich mich eher der letzteren Erklärung zuneigen, da es mir schien, als ob nicht in allen Fällen ohne Ausnahme die Farbennuancirung vorhanden sei. (Vgl. Fig. 4.)

Schliesslich verdient noch die Thatsache einer Erwähnung, dass auch an Fasern, welche keine ausgesprochene Varicositätenbildung zeigen, beim Uebergang in die äussere Körnerschichte eine Verbreiterung wahrzunehmen ist.

Weniger glücklich als in Verfolgung der Zapfenfasern durch die äussere granulirte war ich in der der Stäbchenfasern; jedoch konnte ich an meinen Präparaten mit voller Sicherheit erkennen, dass dieselben die erwähnte Schichte wirklich erreichen, und beim Eintritt in einen flächenhaften Verlauf umbiegen. (Fig. 1.) Ich muss dies besonders deshalb betonen, weil es Henle nicht gelungen ist, jenseits der bekannten dicht ausserhalb der granulirten Schichte liegenden Anschwellungen noch eine Fortsetzung der Stäbchenfaser zu finden. Sind

die Stäbchenfasern erst in die äussere granulirte Schichte eingetreten, dann entziehen sie sich in der allgemeinen Fasermasse einer weiteren Verfolgung. Da ich auch leider nie so glücklich war, bei der Isolation die zarten Fäserchen unzerstört zu erhalten, so muss ich in Bezug auf sie jeden directen Nachweis eines Zusammenhanges mit den inneren Schichten aufgeben. Durchmustert man aber in einem Zerzupfungspräparate die äusseren Enden der Fasern der inneren Körnerschichte, dann findet man neben den ungetheilt in die granulirte eintretenden, dem Systeme der Zapfen angehörigen Gebilden noch Kornfasern, welche bei ihrem Eintritt in die gedachte Schicht in mehr oder weniger Fäserchen zerfallen. (Fig. 14.) Schwalbe hat zuerst auf dies Vorkommniss aufmerksam gemacht, doch vindicirt er allen Kornfasern diese Theilungen und ist es ihm entgangen, dass auch solche vorkommen, welche eine Theilung ihres äusseren Endes nicht zeigen. Diese getheilten Enden nun treten in die äussere granulirte Schichte ein, biegen in horizontale Richtung um und verlieren sich in der allgemeinen Fasermasse.

Da sie aber den Zapfen, welche bereits mit anderen Elementen der inneren Körnerschichte in Verbindung sind, nicht angehören können, so müssen sie wohl Beziehungen zu dem System der Stäbchen haben, wenn man nicht annehmen will, dass sie die äussere granulirte Schichte überhaupt nicht mehr verlassen. Hierzu liegt jedoch nicht die geringste Nöthigung vor, sondern es sprechen im Gegentheil alle Gründe der Wahrscheinlichkeit dafür, dass die flächenhaft verlaufenden feinen oft varicös aussehenden Endfäserchen der inneren Körner und die ebenso verlaufenden und aussehenden Stäbchen-Faserenden identisch sind. Günstige Objecte oder gutes Glück werden vielleicht einmal Gelegenheit geben, die unverletzte Continuität der besprochenen Gebilde darzustellen.—

Nachdem nun der Zusammenhang der nervösen Elemente von den Zapfen, vielleicht auch den Stäbchen, bis zu den inneren Fasern der inneren Körnerschichte nachgewiesen ist, würde es noch erübrigen, den Zusammenhang dieser Gebilde mit den Ganglienzellen und Opticusfasern zu beleuchten. Ich habe mich mit diesem Capitel der Retina-Anatomie für diesmal nicht weiter beschäftigt, da ich sie dem Princip nach für abgeschlossen halte. Ich kann mich den Zweifeln, welche Schwalbe (l. c.) über die Richtigkeit der Angaben äussert, die einen derartigen Zusammenhang beschreiben, nicht anschliessen. Was wenigstens meine eigene frühere Abbildung*) anlangt, so muss ich auch jetzt noch sowohl deren Genauigkeit, wie auch meine Ansicht von ihrer Beweiskräftigkeit aufrecht erhalten. Bei meinen jetzigen erneuerten Untersuchungen habe ich Fortsätze von Ganglienzellen vielfach in die innere Körnerschichte eintreten sehen, ohne jedoch ihrem Verbleib weiter nachzuspüren. Es verlaufen diese Fortsätze, wie ich hervorheben möchte, in der Peripherie der Retina durchaus nicht rein radiär, sondern ziehen oft eine lange Strecke schief, selbst horizontal durch die innere granulirte Schichte, ehe sie sich nach aussen wendend der inneren Körnerschichte zustreben (Fig. 13).

Was die Vertheilung der inneren Körner anlangt, so haben die Untersuchungen von Schwalbe, W. Müller u. A. ergeben, dass nach dieser Richtung noch manches aufzuklären ist. Ich selbst konnte bei meinen Untersuchungen, die sich wenig mit gefärbten Präparaten beschäftigten, nur nachweisen, dass die zu den Zapfen gehörigen Körner sämmtlich sehr lange äussere Faserstücke hatten, so dass in den meisten Fällen der äussere Fasertheil der Dicke der ganzen Schichte nahezu gleich-

*) Macula lutea etc. Taf. I. Fig. 9.

kam. Die aussen getheilten Fasern der inneren Körner fand ich im Gegensatz zu dieser verhältnissmässig constanten Länge sehr wechselnd, bald kurz, bald lang. Ich möchte daraus den Schluss ziehen, dass die inneren Zapfenkörner näher der inneren, die inneren Stäbchenkörner aber näher der äusseren granulirten Schichte zu suchen sind.*)

In Bezug auf die Fasern der N. opticus möchte ich bemerken, dass es mir ebenso wenig wie Schwalbe gelungen ist, solche mit Uebergehung der Ganglienzellen in die innere granulirte Schichte eintreten zu sehen. Dagegen konnte ich die Angabe Michel's bestätigen, nach welcher sich in der ganzen menschlichen Retina die Nervenbündel plexusartig ausbreiten, wie ich es auch früher selbst schon für die peripherischen Theile der Ochsenretina beschrieben und abgebildet habe.

Wenn ich den Elementen der äusseren Retinaschichten noch einige Worte widme, so muss ich zuerst bemerken, dass ich wie Schultze und Henle die spindelförmige Anschwellung der Stäbchenfasern dicht ausserhalb von der äusseren granulirten Schichte nicht in die Reihe der an feinen nervösen Fasern so häufig auftretenden Varicositäten setzen kann, da sie sich auch an ganz wohlerhaltenen Fasern, und an diesen gerade am schönsten, präsentiren.— Was dann die Henle'sche Angabe betrifft, nach welcher manche Stäbchenkörner an ihrer inneren Seite in zwei Spitzen auslaufen, von denen jedoch nur Eine sich in einen Faden mit Endanschwellung fortsetzen soll, so konnte ich an meinen Präparaten die

*) Es versteht sich von selbst, dass ein solcher Satz nur für die peripherischen Schichten der Retina Geltung haben kann, indem ja gegen den gelben Fleck und die Fovea centralis hin die Zapfen und ihre Körner sich mehr und mehr häufen, wodurch natürlich letztere gezwungen sind, sich einander anzubequemen und ihren Platz zu suchen, wo sie ihn finden.

Beobachtung machen, dass der kurz endigende Faden nur abgerissen ist. Besonders an Schnitten, aber auch an Isolationspräparaten, sah ich in den meisten Fällen, dass die zwei manchmal von den inneren Ecken eines Stäbchenkornes abgehenden Fasern nach kurzem Verlauf sich wieder vereinigen und Eine Faser bilden, welche sich in nichts vor den übrigen Stäbchenfasern auszeichnet.

In Bezug auf die Zapfenfasern und ihre Körner möchte ich die Beobachtung erwähnen, dass ebenso wie in der Fovea centralis auch an der Ora serrata eine Abweichung von der Regel insofern existirt, als die Körner hier nicht dicht an die Limitans externa angedrängt liegen, sondern trotz des reichlichen Platzes, der ihnen zwischen den Stäbchenkörnern an dieser Stelle bleibt, oft in die Mitte der Zapfenfaser (Fig. 15) manchmal sogar noch weiter nach innen zu vorrücken. Es ist dieser Thatsache, so weit mir bekannt, bis jetzt noch von keinem Forscher Erwähnung gethan worden.

Was die Zapfen und Stäbchen selbst anlangt, so habe ich nur zu bemerken, dass ich den „Fadenapparat“ Max Schultze's ebenso wie andere Untersucher nachweisen konnte, dass ich in ihm aber nichts weiter sehen kann, als die von Kupffer*) beschriebene Differenzirung des Protoplasmas in zwei Substanzen, welche sich an sehr vielen Stellen nachweisen lässt. Im Uebrigen habe ich meinen früheren Angaben nichts hinzuzusetzen.

Um dasjenige, was in Vorstehendem beschrieben ist, sowie die schon allgemein feststehenden Thatsachen in Bezug auf die Lagerung der nervösen Elemente übersichtlich zusammenzustellen, wurde ein Schema entworfen, welches in Fig. 18 dargestellt ist. Hier treten die Fasern der Opticuschichte in die Ganglienzellen ein, welche ihre Fortsätze in

*) Kupffer, Ueber Differenzirung des Protoplasma an den Zellen thierischer Gewebe. Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein. 1875.

die innere granulirte Schichte hineinsenden. Von diesen Fortsätzen wurde einer in Verbindung gezeichnet mit einer Faser, die in ein inneres Zapfenkorn einmündet. Zu Stäbchenkörnern wurden Ganglienzellen-Fortsätze bis jetzt noch nicht verfolgt, es muss daher der Zusammenhang auch im Schema offen gelassen werden. In der inneren Körnerschichte ist die nach innen vom Korn liegende Faserhälfte dünner als die nach aussen befindliche angegeben. Es wurde dieses Verhalten zuerst von mir entdeckt (l. c.) und von allen folgenden Beobachtern bestätigt. Bezüglich der Endigung der Kornfasern in der äusseren granulirten Schichte ist zwischen den Schemas von M. Schultze und Schwalbe (l. c.) die Mitte gehalten, indem ersterer dieselben alle ungetheilt, letzterer sämmtlich in Fäserchen zerfallend darstellt. Zugleich erhellt aus dem Schema der Fig. 18, dass die ungetheilten Fasern den Zapfen, die getheilten den Stäbchen angehören, obgleich der Beobachtung gemäss der Zusammenhang mit letzteren nicht ausgezeichnet werden konnte. Die äusseren Schichten der Retina bieten in den nervösen Bestandtheilen nichts Neues. Es mag nur darauf noch besonders hingewiesen werden, dass auch für Fasern der äusseren Körner von allen neuen Beobachtern das gleiche Verhältniss nachgewiesen wurde, wie ich es für die der inneren Körner beschrieb. Wegen der von Max Schultze ausgesprochenen Zweifel an der Präexistenz der von Henle zuerst an den Stäbchenkörnern beobachteten Querstreifen sah ich auf's Neue Präparate von ganz frischen Netzhäuten durch, konnte jedoch die Ueberzeugung, dass man es mit einer Leichenerscheinung zu thun habe, nicht gewinnen. Der Uebersichtlichkeit wegen ist diese Querstreifung auf dem Schema nicht angegeben.

Es erübrigt nun noch eine kurze Beschreibung des Stützapparates der menschlichen Retina, welcher ich das Schema der Fig. 18 ebenfalls zu Grunde lege. In dem-

selben wurde auf der einen Seite eine vollständige Zeichnung dieses Stützapparates, auf der andern nur eine solche bis in den Bereich der äusseren granulirten Schichte dargestellt.

Obgleich es noch nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt ist, dass die granulirte Substanz zum Stützgewebe zu rechnen ist, so wird sie doch bei diesem am besten behandelt, da man ihr jedenfalls nervöse Eigenschaften absprechen muss. In Bezug auf sie hat sich in den neuesten Arbeiten durchaus die Ansicht geltend gemacht, dass man es mit einer homogenen Masse zu thun habe, welche kleine Hohlräume enthält, die mit einer anders lichtbrechenden Substanz gefüllt sind. Schwalbe und Müller sprechen von Vacuolen, lassen also die Hohlräume mit Flüssigkeit gefüllt sein. Retzius nimmt statt der Flüssigkeit feste Körnchen an und Henle und ich selbst haben schon vor längerer Zeit eine gleiche Ansicht aufgestellt. Ich muss auch jetzt noch die Ansicht von dem Bestehen von Granulis in den granulirten Schichten aufrecht erhalten und weise darauf hin, dass es Henle und mir an der granulirten Masse des Gehirns, Retzius an der Retina selbst gelang, solche Granula zu isoliren.

Wenn ich mich zu dem eigentlichen Stützgewebe der Retina wende, so muss zuerst die erfreuliche Thatsache constatirt werden, dass sich in der letzten Zeit ein Missverständniss aufgeklärt hat, welches augenscheinlich über den Gebilden gewaltet hat, die Netzhaut und Glaskörper von einander trennen. Wie so oft, hat sich auch hier herausgestellt, dass eigentlich beide Partheien Recht haben, die, welche eine einfache und diejenigen, welche eine doppelte Membran annahmen. Es existirt nach den übereinstimmenden Angaben der neuesten Untersucher eine geschlossene Membran, die Henle'sche Limitans hyaloidea, welche die meisten Forscher als integrirenden Bestand-

theil des Glaskörpers ansehen und eine zweite, die keine continuirliche Haut darstellt, sondern sich aus den platten Enden der Stützfasern der Retina zusammensetzt.

Von diesen Fussplatten oder Basen erheben sich, oft aus mehreren Abtheilungen zusammenfliessend, die Kegel der Radialfasern, welche bei manchen Thieren Kerne enthalten, nach Kölliker auch beim Menschen manchmal solche erkennen lassen. Mir selbst sind niemals Kerne an dieser Stelle begegnet. In der Schichte der Opticusfasern, in welcher Schwalbe noch unabhängige endotheliale Plättchen beobachtete, noch mehr aber in der der Ganglienzellen senden die sich mehr und mehr verjüngenden Stützfasern zarte plattenartige Fortsätze aus, welche sich untereinander verbinden und so ein sicheres Lager für die Ganglienzellen bilden (Fig. 18). Auch Max Schultze, sowie Schwalbe liefern eine ganz ähnliche Beschreibung, so dass also diese Thatsache als eine feststehende angesehen werden muss. Als zweifellos darf ferner betrachtet werden, dass die Stützfasern der menschlichen Netzhaut ganz glatt durch die innere granulirte Schichte verlaufen und ich kann mich hierin nur dem allgemeinen Urtheil anschliessen. Auch in Bezug auf das Verhalten dieser Fasern in der inneren granulirten Schichte herrscht völlige Uebereinstimmung. Man weiss, dass sie daselbst in eine kernhaltige Zelle einmünden und dass hier sowohl von der Faser, wie von der Zelle zarte flügel- und plattenartige Fortsätze ausgehen, welche sich zwischen die nervösen Körner und Fasern stützend und haltend einschieben. Ob sich die Fortsätze zweier Zellen untereinander verbinden, wie ich es in Schema Figur 18 darstelle und wie es sich in der Ganglienzellenschichte, sowie in der äusseren Körnerschichte ebenfalls verhält, oder ob sie gegenseitig strenge

isolirt sind, wie es Schwalbe angiebt, scheint mir eine Frage von untergeordneter Bedeutung zu sein*).

In der äusseren granulirten Schichte hören die Radialfasern auf, als wohlcharacterisirte Fasern zu existiren. Theile der Stützsubstanzplatten setzen sich an die Ringe der Zapfenfasern fest (Fig. 10 und Schema Fig. 18) um nach aussen in die Scheiden der Zapfenfasern überzugehen, alles übrige löst sich zu einem zarten Plattenwerk auf, in welches die Stäbchenfasern und ihre Körner eingebettet liegen (Fig. 18). Sonstige dem Stützgewebe angehörige Elemente konnten in der äusseren granulirten Schichte der menschlichen Retina in keiner Weise nachgewiesen werden. Besonders existiren, wie ich auf das Bestimmteste angeben kann, keine horizontalliegenden Zellen, die etwa eine Membrana fenestrata bilden könnten, wie sie Krause schildert. Eine sorgfältige Untersuchung von Isolationspräparaten, sowie auch von ganz besonders gut gelungenen Flächenschnitten und Dickendurchschnitten der Netzhaut, liessen mich selbst an Präparaten, deren Kerne durch Blauholz sehr deutlich gemacht waren, nichts finden, was der Krause'schen Angabe entsprochen hätte.

Ich muss auch gestehen, dass ich aus den Abbildungen Fig. 9 und 10, welche dieser Autor seiner letzten Arbeit**) beifügt, ebensowenig etwas entnehmen kann, was seine Ansicht stützt, wie aus den früheren Figuren***). Obgleich es stets misslich ist, einer positiven Angabe

*) Ich bedauere, dass meine Abbildung Fig. 8 (l. c.) so wenig gut ist, dass sie Schwalbe Veranlassung gegeben hat, anzunehmen, ich hätte Gerinnselbildungen für Theile des Stützgewebes angesehen. Wenn er p. 10 meiner früheren Abhandlung liest, die Fig. 5 derselben betrachtet und damit obenstehendes vergleicht, so wird er, glaube ich, finden, dass bis auf den letzterwähnten untergeordneten Punkt Uebereinstimmung in unsere Ansichten herrscht.

**) Archiv für mikr. Anat. Bd. XII.

***) Membrana fenestrata. Leipzig, 1868.

eine negative entgegenzusetzen, so kann ich doch deshalb nicht annehmen, dass ich etwas Vorhandenes übersehen hätte, weil ich solche horizontal gelagerte platte Zellen in der Retina des Rindes schon vor Jahren und auch jetzt von Neuem ganz deutlich finden konnte, ähnlich wie sie Rivolta, Golgi und Manfredi, sowie Schwalbe vom Pferd beschrieben. Existirten sie beim Menschen auch, so würden sie mir gewiss nicht entgangen sein.

Man hat in diesen Gebilden also augenscheinlich Elemente von nur individueller Bedeutung vor sich, die bei den einzelnen Species wechseln, wie ja überhaupt bekanntlich die Details im Retinabau durchaus nicht allenthalben übereinstimmen.

Wende ich mich wieder zur Verfolgung der zu einem Plättchennetz sich auflösenden Radialfasern zurück, so ist hervorzuheben, dass die Abtheilungen des Gerüsts, welche aus je einer Radialfaser entstanden sind, sich ebenso, wie in der inneren Körnerschichte gewissermassen gegen einander abgrenzen, auch oft für sich allein isoliren (Figur 16) lassen, obgleich trotzdem eine Verbindung dieser Abtheilungen unter sich existirt. Auch mit den Zapfenfaserscheiden, welche sich aus den oben beschriebenen Ringen erheben, tauschen die Plättchensysteme Anastomosen aus, wie es die Fig. 6 zeigt, an welcher man dieselben flügelartigen, zarten Fortsätze erkennt, die das übrige Stützgewebe der äusseren Körnerschichte characterisiren. Zum Vergleich ist in Fig. 7 eine Zapfenfaser aus demselben Präparat abgebildet, an der die Scheide vollständig bis auf einen kleinen Fetzen dicht unter dem Zapfenkorn fehlt. Während hier die glatte Contur der eigentlichen Zapfenfaser nirgends unterbrochen ist, erscheint die in Fig. 6 dargestellte Faser, wie von einem weiten Aermel umgeben.

Um auch dem etwa möglichen Einwurf zu begegnen,

es sei das plattenförmige Stützsystem der äusseren Körnerschichte durch Gerinnungsproducte vorgetauscht, wurde in Fig. 17 ein Präparat aus einer Retina aufgezeichnet, in welcher wirklich Gerinnung in der besprochenen Schichte angehäuft ist. Es bedarf wohl keiner weiteren Ausführung, um den Leser zu überzeugen, welche von den beiden Fig. 16 und 17 die im Leben bestehenden thatsächlichen Verhältnisse wiedergiebt.

Haben die Elemente der Stützsubstanz die Limitans externa erreicht, dann verbinden sie sich mit ihr und treten auf ihrer äusseren Seite in die Schichte der Zapfen und Stäbchen, um sie mit Scheiden zu umkleiden. Ueber diese letzteren habe ich mich schon an einer anderen Stelle*) ausführlich ausgesprochen und verweise bezüglich der von Max Schultze und Schwalbe beschriebenen „Faserkörbe“ der Innenglieder von Stäbchen und Zapfen auf die citirte Abhandlung. In neuerer Zeit wurden die Scheiden von Isaacsohn**) bestätigt. Der Vermuthung Schwalbe's, ich sei bei meiner Annahme, dass auch das Innenglied eine geschlossene Scheide besitze durch Kittsubstanzmassen, die in Osmiumsäure geronnen seien, irre geleitet worden, möchte ich entgegen, dass ich niemals ein Präparat als beweiskräftig heranzog, welches in einer Weise mit geronnenen Massen ausgegossen war, wie etwa Fig. 17. Anzunehmen aber, dass sich eine Kittsubstanz nur auf den Stäbchen- und Zapfeninnengliedern membranartig niederschläge, ohne an irgend einer anderen Stelle nachweisbar zu sein, würde doch wohl etwas zu kühn erscheinen. Auch fällt es mir in der That sehr schwer, für Bilder wie sie Schwalbe (l. c.) in seinen Fig. 36, 1 und 3a entwirft, eine solide

*) Zur Kenntniss der Stäbchenschicht der Retina. Reichert's Archiv 1870.

**) Beitrag zur Anatomie der Retina. Diss. Berl. 1872.

Membran des Innengliedes nicht anzunehmen. Ich habe die vollkommen geschlossene Scheide des Innengliedes wirklich gut stets an den gleichen Präparaten gesehen, an denen auch die Scheide des Aussengliedes hervortrat und so muss ich glauben, dass beide mit einander stehen und fallen. Nimmt man für die eine Hälfte Gerinnungserscheinungen an, dann müsste man dies auch für die andere thun, und ich glaube, dann muss man ausserdem auch noch die zarten Membranen der inneren und äusseren Körnerschichte in die Reihe der Täuschungen verweisen. Da dies aber nach der übereinstimmenden Meinung der Autoren nicht möglich ist, so muss ich consequenter Weise auch die Existenz der durch die gleichen Mittel herstellbaren Scheiden der Innenglieder der Stäbchenschichte aufrecht erhalten.

Rostock, Mitte October 1876.

Tafelerklärung.

Sämmtliche Zeichnungen sind nach Präparaten von menschlichen Netzhäuten angefertigt, welche in schwachen Lösungen von Osmiumsäure gehärtet und in Alcohol-Glycerin-Flüssigkeit macerirt waren. Die Linear-Vergrößerung ist mit Ausnahme der etwas stärker vergrösserten Fig. 5 ca. 600. Alle Zeichnungen sind bis in die feineren Details mit Hilfe der Oberhäusser'schen Camera lucida entworfen.

Fig. 1. Vom Zapfen bis zum innern Korn; aus der Peripherie der Retina. Die Elemente der äusseren granulirten Schichte umgeben noch die Zapfenfaser. Zwei abgerissene Stäbchenfasern, an ihren Varicositäten kenntlich, senken sich umbiegend in das Fasergewirre der äusseren granulirten Schichte ein.

Fig. 2. Isolationspräparat vom Zapfen bis zum innern Korn. Die Elemente der äusseren granulirten Schicht sind vollkommen entfernt. Aus dem Centraltheil der Retina.

Fig. 3, wie Fig. 2. An der Grenze zwischen Korn- und Zapfenfaser liegt eine kleine Vacuole. Die nervöse Faser ist als dunkler Strang neben der Vacuole durch zu verfolgen.

Fig. 4, wie die vorigen Figuren. In der Zeichnung ist der äussere Theil der Zapfenfaser und der Zapfen selbst fortgelassen. Ganz unversehrter Zusammenhang zwischen Korn- und Zapfenfaser.

Fig. 5, wie Fig. 4. Im Bereich der äusseren granulirten befindet sich eine grosse Vacuole, welche die Zapfenscheide zum Platzen gebracht hat.

Fig. 6. Zapfen und Zapfenfaser. An letzterer ist die umhüllende Scheide zu erkennen. Am inneren Ende hat sich die Faser gedreht und kehrt dem Beschauer den Querschnitt zu (nahe dem Centrum).

Fig. 7, ebenso wie Fig. 6, jedoch ohne Scheide.

Fig. 8, wie Fig. 6. Nahe der Ora serrata.

Fig. 9. Inneres Ende einer Zapfenfaser. Die Scheide ist in Fetzen abgelöst.

Fig. 10. Retinafragment, bestehend aus dem inneren Ende der Zapfenfaser, der Kornfaser und dem inneren Korn. Am Zusammenhang eine Vacuole; an den Ring der Stützsubstanz inserirt sich ein zartes Plättchen, von dem der inneren Körnerschichte angehörenden Stützgewebe.

Fig. 11. Inneres Korn, Kornfaser und inneres Ende der Zapfenfaser in Zusammenhang. Aus der Gegend der Macula lutea.

Fig. 11a. Aus derselben Gegend. Es hat sich nur das letzte Ende der Zapfenfaser einerseits, mit dem letzten Ende der inneren Kornfaser andererseits in Zusammenhang erhalten; also gerade das Stückchen des Verlaufes, welches der äusseren granulirten Schichte angehört.

Fig. 12. Schiefer Flächenschnitt der äusseren granulirten Schichte. Das Retinastückchen wurde in Flemming'scher Seife geschnitten. Seife mit warmem Wasser und Essig ausgewaschen. e k äussere Körner. i k innere Körner. * Durchschnitt des inneren Endes einer Zapfenfaser.

Fig. 13. Flächenschnitt der inneren granulirten Schichte. Behandlung wie in Fig. 12. Eine Ganglienzelle sendet ihre Fortsätze auf eine weite Strecke in horizontaler Richtung aus. G Gefässdurchschnitt.

Fig. 14. Isolirte innere (Stäbchen?) Körner. Das äussere Ende ihrer Fasern theilt sich mehrfach.

Fig. 15. Ein Zapfen mit Zapfenfasern aus der Gegend der Ora serrata. Das Zapfenkorn ist von der Limitans in die Mitte der Zapfenfaser gerückt. Das Aussenglied des Zapfens ist abgebrochen. Am Ende des Innengliedes sieht man die zarten Conturen der Scheide hervorragen.

Fig. 16. Das Stützgewebe der äusseren Körnerschichte, soweit es die Stäbchenfasern und Stäbchenkörner umgiebt.

Fig. 17. Stäbchenkörner und -Fasern in geronnenen Massen eingekittet.

Fig. 18. Schema des Verlaufes der Nervenfasern und der Vertheilung des Stützgewebes in der menschlichen Retina. Auf der einen Seite der Zeichnung ist das Stützgewebe bis zu den Aussengliedern der Stäbchen gezeichnet, auf der andern Seite ist es nur bis zur äusseren granulirten Schichte ausgeführt. Die an den Stäbchenkörnern in frischem Zustand sichtbare Querstreifung ist der Deutlichkeit wegen fortgelassen.



