

Die Nervenzellkörperchen (Endkolben,
W. Krause) in der Cornea und Conjunctiva
bulbi des Menschen.

Von

A. N. Bogiel,

Professor der Histologie an der Universität Tisnek.

Illustriert Tafel XXXIII und XXXIV.

Als ich die Hornhautnerven des Menschenauges mit Methylblau färbte, stellte es sich heraus, dass sowohl in dem gesamten gefäßhaltigen Hornhautstrahl, als auch 1—2 mm nach hinten von demselben, in der Substantia propria corneae, eigenartige Nervenzellapparate — Terminkörperchen — enthalten sind. Ganz ähnliche Nervenzellbildungen finden sich, wie dies durch weiter fortgesetzte Untersuchungen von mir in Gemeinschaft mit dem in meinem Laboratorium arbeitenden stud. J. Michalowsky festgestellt wurde, auch in der Conjunctiva bulbi, wofür sie zuerst von W. Krause gütlich und von ihm unter dem Namen „Endkolben“ beschrieben worden sind.

In Betracht dessen, dass die Endkörperchen in der Cornea bis jetzt noch von Niemand beschrieben worden sind und dass auch die analogen Endkolben in der Conjunctiva noch nicht genügend

untersucht sind, will ich in der vorliegenden Arbeit die Resultate meiner Untersuchungen über den Bau der fraglichen Endkörperchen ausführlich darlegen. Wie bereits oben erwähnt, beschränkt sich behufs der Nervenfärbung hauptsächlich das Methylblau.

Mein Verfahren bestand in folgendem: die in toto angeschnittene Cornea wurde in ein Uhrglaschen oder auf einen grösseren Objectträger in einige Tropfen *Humax aquosus* gebracht, sodann wurden 2—3 Tropfen einer $\frac{1}{100}$ prozentigen Methylblaulösung auf die gesamte Hornhautoberfläche aufgetropft. Um den Gang der Nervenfärbung verfolgen zu können, brachten wir die Cornea von Zeit zu Zeit auf einen reinen Objectträger und untersuchten dieselbe bei nach oben gewandter Verleuchte mittel schwacher Objectiven; eine mehr oder minder vollständige Nervenfärbung erfolgte, soweit ich bemerken konnte, in dem meisten Fällen nach 1—1 $\frac{1}{2}$ stündiger Einwirkung der Färbung. Während dieser Zeit musste, um ein Klappen des Präparates zu verhüten, dasselben mehrmals entweder ein Tropfen *Humax aquosus* oder ein Tropfen der Färbung beigelegt werden.

Sobald die Nerven der Cornea hinreichend gefärbt erschienen, wurde sie sogleich in ein mit gereinigter Lösung von pikrinsaurem Ammoniak oder pikrinsaurem Kali gefülltes Schälchen übertragen. In dieser Lösung blieb das Präparat 18—20 Stunden und wurde dann, mit der Epithelfläche nach oben, auf einen Objectträger in verdünntem Glycerin eingeschlossen. Gewöhnlich erscheint nach Ablauf eines Tages das Hornhautgewebe bereits so durchsichtig, dass die darin enthaltenen Nervenzellkörperchen selbst mittelst starker Systeme untersucht werden können. In demjenigen Falle, in welchem die unzureichende Hornhaut sich nicht in toto unter dem Deckglase austreten liess, wurde sie zuvor in mehrere Theile zerschnitten.

Bei der Färbung der Endkolben der Conjunctiva ist es an zweckmässiger, die letztere in ihrem Zusammenhange mit der Sclera und der Cornea zu belassen; zu diesem Behufe wird der Augapfel sammt seiner Bindegewebshülle einer Linie durchgeschnitten, welche 5—8 mm weit hinter dem Corneastrahl und dem Asquator parallel verläuft. Der so erhaltene vordere Abschnitt des Bulbus wird von dem Glaskörper, der Linse etc. befreit und darauf in mehrere Theile zerschnitten, deren jeder für sich nach der oben angegebenen Methode gefärbt wird.

An den besagter Weise gefärbten und fixirten Präparaten ist es leicht ersichtlich, dass die zur Cornea sich gebenden Nervenzweige (und zwar hauptsächlich die vorderen, mitunter aber auch die hinteren, d. h. tiefer gelegenen dieser Stämmchen) unter mehr oder weniger geradem oder aber unter spitzem Winkel abgehende Ästchen von verschiedener Dicke entsenden; ein Theil dieser Ästchen verläuft über Rande der Hornhaut fast parallel, ohne ihre Randlinie zu überschreiten, während die übrigen ein wenig weiter in die Substantia propria corneae vordringen. Sobald die einen als auch die anderen dieser Ästchen zeigen einen namentlich gesunden Verlauf, wobei sie ihrerseits mehr weniger feine Ästchen abgeben und schließlich durch mannigfaltige Verflechtung unter einander einen dichten Plexus (Randplexus) bilden, welcher vorwiegend in dem gefäßhaltigen Randtheile der Hornhaut gelegen ist. Die dickeren, aber mitunter auch die dünneren Stämmchen dieses Randplexus bestehen gewöhnlich aus marklosen Nervenfasern, deren sich markhaltige in geringer Zahl beigemischen; letztere treten sodann aus den Stämmchen aus und lassen sich in ihrem bedimen, namentlich geschlingelten Verlaufe nicht selten auf weitere Strecken hin verfolgen (Fig. 1), wobei einige dieser Nervenfasern sogar in die Substantia propria corneae eindringen, um von da auf's Neue in die gefäßhaltige Randzone dieser Membran zurückzukehren. Während des beschriebenen Verlaufes theilen sich viele dieser markhaltigen Fasern an Stelle der Ranvier'schen Scheitritze in 2 oder 3 Fasern, welche ihrerseits, nachdem sie eine gewisse Strecke zurückgelegt, auf's Neue in 2—3 mehr weniger kurze Ästchen zerfallen (vgl. Fig. 1, 5, 6, 7 u. 8); schließlich treten die beschriebenen markhaltigen Nerven sowie deren Theilungsfasern in die Endkörperchen ein und eilen hier in Gestalt eigentümlicher Bildungen, die ich *Nervenzandkugeln* nenne. Vor ihrer Eintritte in die Endkörperchen verlieren die Nervenfasern ihre Markscheide, was gewöhnlich an einem der Pole des Endkörperchens oder an dessen Seitenfläche stattfindet; indessen ist es kein seltenes Vorkommnis, dass die eine oder die andere dieser Nervenfasern bereits in einer beträchtlichen Entfernung von dem Terminalkörperchen ihre Markscheide verliert (Fig. 1, 3, 4, 5, 6, 7 und 8). Mitunter sehen wir direct aus einer markhaltigen Nervenfasern, an Stelle einer Ranvier'schen Einschnürung,

entweder eine oder zwei, oft recht lange marklose Fasern austreten, welche letzteren schließlich in Endkörperchen übergehen (Fig. 5, 6, 7 u. 8). Endlich lassen wir Gelegenheit an beobachten, dass der Axonhülfen einer oder der anderen, bereits marklos gewordenen Nervenfasern, ohne in ein Endkörperchen einzutreten, sich in 2—3 mehr weniger feine marklose Ästchen spaltet; diese letzteren erscheinen namentlich gewunden und durchsetzen nicht selten eine beträchtliche Strecke, ehe sie in den Endkörperchen ihre Ende finden, oder sie theilen sich auf's Neue in mehrere feine Zweige, welche letzteren schließlich in die Terminalkörperchen übergehen (Fig. 1, 5, 7 A); nicht selten sehen wir den beschriebenen marklosen Fasern *ovale* oder *runde Kerne* anliegen (Fig. 5 P^o u. P^v).

Die Gestalt der Endkörperchen kann sehr verschieden; im häufigsten aber zeigen dieselben eine rundliche, ovale oder eiförmige Gestalt (wie es zum Theil auch aus den beigegebenen Abbildungen ersichtlich ist), wobei sie manchmal stark länge gestreckt und an irgend einer Stelle mehr weniger eingeschnürt erscheinen. Ungeachtet dieser verschiedenen Gestalt der Endkörperchen ist dennoch, soviel ich bemerken konnte, die runde oder die ovale Form derselben verhältnissmäßig die häufigste.

Die Grösse der Endkörperchen ist gleichfalls eine verschiedene; die einen derselben erscheinen als kleine Gebilde von 0,02—0,03 mm Länge und 0,015—0,025 mm Querdurchmesser, während andere von ihnen grössere Dimensionen bieten, indem sie eine Länge von 0,045—0,10 mm und eine Breite von 0,02 bis 0,08 mm erreichen.

Stämmliche Endkörperchen, d. h. sowohl die der gefäßhaltigen Randzone der Cornea als auch die der Conjunctiva bulbii, liegen namentlich unter dem Epithel, so dass dessen kernförmige mitunter durch ein dünner liegendes Endkörperchen ein wenig eingedrückt erscheint (Fig. 2); nur diejenigen Endkörperchen, welche aus der Randzone in die Substantia propria corneae vordringen, liegen gewöhnlich unterhalb der vorderen Endmembran und nur in seltenen Fällen direct unter der Epitheldecke. Grösstentheils sind die Körperchen gruppenweise angeordnet, indem 3—5 und mehr Körperchen unsummenstrahen; innerhalb des, jeder einzelnen Gruppe zugehörigen Bereiches vereinigen sich gewöhnlich eine, zwei oder drei markhaltige Nervenfasern, um

deren Endverstellungen die Terminalkörperchen gleich Beeren an den Stengeln sitzen (Fig. 1).

In der gefäßhaltigen Rindzone der *Bombax* finden sich diese Endkörperchen in beträchtlicher Menge, so dass ich innerhalb einer etwa einen halben Millimeter langen Strecke über 20 solcher Endkörperchen zählte; viel spärlicher sind sie hingegen in der *Substantia propria cereae* vertreten, während sie in der *Conjunctiva bulb.*, namentlich aber in den 2—3 mm breiten Randtheile desselben auf's Neue in grosser Menge vorgegen sind.

Die Struktur der Endkörperchen und die Nervenzündungen in denselben. Die Methyleneblaufärbung ermöglicht wohl die Klärstellung der Nervenzündungen in den Endkörperchen, aber die Struktur dieser letzteren selbst, wie namentlich das etwaige Vorhandensein einer Umhüllung, sowie die Bestandtheile des sogenannten Innenkolbens sind an solchen Präparaten der Untersuchung nicht zugänglich. Zu letztgenanntem Behufe ist es erforderlich, das Gewebe zunächst durch halberöthmte Müller'sche Flüssigkeit, Alkohol, Sublimatlösung oder in der Flemming'schen Lösung (1 Vol. dieser letzteren mit 2—3 Vol. destillirten Wassers verdünnt) zu fixiren und dann Schälte anzufertigen; letztere können in Hoyer'schem Pyrococcus, Hämatocyanin oder auch in anderen Farbstoffen gefärbt werden. Von allen oben genannten Fixierungsmitteln gibt die mit Wasser verdünnte Flemming'sche Lösung die besten Resultate. Das Präparat wird mehrere Stunden lang in der genannten Lösung gelassen, darauf in Wasser ausgewaschen und behufs definitiver Erhärtung in schwächeren und sodann successiv in stärkeren Alkoholen übertragen.

An so erhaltenen Schnittpräparaten ist es leicht ersichtlich, dass ein jedes Endkörperchen von einer mehr oder weniger dicken, nicht selten mehrschichtigen Bindegewebskapsel umhüllt wird. Diese letztere besitzt recht zahlreiche Kerne mit einem oder mehreren Kernkörperchen. Die in der Kapsel mancher dieser Endkörperchen enthaltenen Kerne liegen theils der Längsachse des Körperchens parallel, theils aber sind sie zu denselben quer oder schräg gerichtet; die letzteren Kerne gebören aller Wahrscheinlichkeit nach den, das Körperchen umhüllenden muskeltartigen Nervenfascern an (Figg. 2 u. 3). Die Bindegewebskapsel ist zwar auch an den, mit pikaräroren Anstrotz

färbten Präparaten nachweisbar (Fig. 3), indessen tritt sie hier nicht sehr deutlich hervor und wenn das Präparat hinreichend aufgebläht ist, lässt sich die Kapsel fast gar nicht mehr von dem umgebenden Gewebe unterscheiden. Bei Einwirkung des Methyleneblaus auf eine nicht genug frische Cornea oder Conjunctiva bläht die Nervenzuführung in den Endkörperchen meist ganz aus, während die Kerne des Bindegewebskapsel an solchen Präparaten eine intensive blaue Färbung annehmen und scharf schärf hervortreten.

In dem vor der Bindegewebskapsel angeschlossenem Hohlraum — dem Innenkolben — gelang es mir an Schnittpräparaten nie, die geringste Spur von Kernen oder von Zellen irgend welcher Art zu entdecken, der ganze Innenkolben erscheint von einer Masse stark glänzender und scharf contourirter Körnchen angefüllt; innerhalb dieser Körnchen liegen Kerne, nicht selten variöse und ebenfalls glänzende Fäden, die gewöhnlich in verwickelten Richtungen verlaufen (Fig. 2); oft erscheinen einige von diesen Fäden in Gestalt kurzer Schlingen. Die Körnchen des Innenkolbens sind von sehr geringer Grösse und erscheinen meist rundlich, oval oder spindelförmig; bei wechselnder Einstellung fällt es aber nicht schwer sich zu überzeugen, dass viele von diesen Körnchen allmählich in bogenförmig gekrümmte, mehr weniger kurze Fäden übergehen; es ist mithin die Mehrzahl dieser Körnchen als optische Querschnitte von Fäden anzusehen, welche letzteren sich in dem Bereiche der Endkörperchen mannigfaltig winden. Die spärlichen Zwischenräume zwischen den fast den ganzen Innenraum des Endkörperchens einnehmenden Fäden und Körnern werden durch eine geringe Menge leicht granulirter oder homogener Substanz ausgefüllt.

So präsentieren sich die Endkörperchen, wenn man sie an Schnittpräparaten studirt, welche in den oben angegebenen Fixierungsmitteln erstarrt waren. Die im Inneren der Körperchen sichtbaren glänzenden Fäden sind auf die Nervenfäden zu beziehen, welche, wie dies weiter unten erörtert werden wird, an der Bildung der Endkörperchen theilnehmen.

Was das Verhalten der Nervenfascern zu den beschriebenen Endkörperchen anlangt, so sehen wir, wie dies aus Theil bereits früher erwähnt wurde, zu jedem Körperchen entweder ein einziger, oder auch häufiger zwei oder gar drei Nervenzisteln herzu-

treten, welche letzteren aus der Teilung einer oder aber zweier verschiedener markhaltiger Nervenfasern hervorgegangen sind (Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u. 8). In dem ersten Falle tritt sich das Nervenzistchen dem einen der Pole des Terminalkörperchens und verliert hier (einer nicht selten auch schon viel früher) seine Markscheide, der nackte Axencylinder tritt in das Körperchen ein und zerfällt meist sogleich in 2—3 dünne varicöse Fäden (Fig. 3, 5 B, 6); letztere schlagen entweder sämtlich die gleiche Richtung ein oder sie gehen in verschiedenen Richtungen hin, indem sie hierbei eine oder mehrere lagen- oder ringförmige Kollagenmassen bilden, darauf spalten sie sich auf's Neue in eine Anzahl feiner varicöser Fäden, die sich auf die verschiedenste Weise hin- und herwinden und mit einander verflechten. Die kettelbeschriebenen Fäden senden während ihres gesammten Verlaufes mehr oder weniger kurze laterale Fädchen, die unter häufiger Verästelung und ausstrahlenden Windungen die Verbindungen zwischen den nächstliegenden Nervenzistchen vermitteln (Fig. 3, 5, 6); solcher Weise entsteht ein, von einem dichten Netze varicöser Nervenfasern gebildeter Kanälchen. Die einzelnen, in den Bestand dieses Kanälchens tretenden Fäden sind äusserlich mit einander verwickelt und verflochten, dass es in vielen Fällen fast unmöglich ist, den Verlauf irgend eines einzelnen Fadens ohne gewisse Strecke weit zu verfolgen. Die soeben betrachtete Form der Nervenzistchen können wir dem dichten Kanälchen nennen, da es aus einem dichten Netze von Nervenfasern besteht, zwischen welchen nur sehr spärliche und kleine Lücken übrig bleiben.

In den Endkörperchen, welche sich durch eine ovale oder sehr oblonge Form charakterisieren, tritt der Axencylinder eines Nervenzistchens an einem der Pole des Körperchens heran und dringt hier in dessen Innere ein; darauf zerfällt der Axencylinder sogleich in mehrere feine varicöse Fasern, welche unter mannigfachen Windungen der Längsaxe des Körperchens entlang ziehen und darauf dem entgegengesetzten Pol desselben erreichen; während dieses Verlaufes entsenden sie zahlreiche, gleichfalls varicöse Fäden, welche auf's Neue häufige Teilungen eingehen und sich auf verschiedene Weise sowohl mit einander als auch mit den soeben erwähnten primären Teilungsfasern des Axencylinders verbinden. Auf diese Weise entsteht ein Endkanälchen von mehr oder

weniger langgestreckter Form (Fig. 4 B u. Fig. 7 C'). Nicht selten treten ein, zwei oder auch drei varicöse Fädchen aus einem Endkanälchen heraus, um in einer gewissen Entfernung von demselben in das Innere eines oder zweier anderer solcher Körperchen einzudringen und hier ähnliche Endkanälchen zu bilden (Fig. 7, D, D').

Was den Fall betrifft, wo ein einziges Terminalkörperchen 2—3 Nervenzistchen umgibt, so sehen wir hierbei, dass eines oder auch zwei von ihnen an dem einen, die übrigen aber an dem entgegengesetzten Pole des Endkörperchens in dasselbe eintreten (Fig. 4, 6 C', 7 C u. C', 8 B); aber mitunter sieht man auch eines oder das andere dieser Nervenzistchen an einer Seitenfläche in das Körperchen treten. Die zu dem Endkörperchen sich begebenden Nervenfasern verlieren ihre Markscheide entweder zuerst ihres Eintrittes in das Körperchen oder hart an dessen Oberfläche, oder endlich in mehreren Fällen in einem mehr oder weniger beträchtlichen Abstände oberhalb des Endkörperchens. Nicht selten aber erscheint eines oder gar zwei der heftigsten Nervenzistchen in ihrem gesammten Verlaufe als marklose Faser (Fig. 7 C, C' u. 8). Ein jedes der beschriebenen Nervenzistchen tritt demnach als marklose Faser in das Endkörperchen ein und zerfällt hier in mehrere feine varicöse Fäden; letztere schlängeln sich Anfangs nur entsenden dann in ihrem weiteren Verlaufe eine Anzahl varicöser Fäden, welche sich mannigfach winden und sich hierbei mit einander verflechten und verbinden; darauf gestaltet sich der ganze Endapparat zu einem dichten Kanälchen (Fig. 4, 5 B, 6 C', 7 C, C' u. 8 B).

Aber abgesehen von der beschriebenen Endkanälchenform finden wir constant, zumal im Innern der kleinen Endkörperchen, noch eine andere Form der Nervenzigung, die man den lockeren Kanälchen nennen kann; an der Bildung eines solchen Kanälchens theilhaftig sind ein einzelnes oder aber zwei Nervenzistchen.

Im ersten Falle tritt das Nervenzistchen in das Innere des Endkörperchens ein und stürzt hier zu Volumen an, so dass es jetzt als ein ziemlich dicker varicöser Faden erscheint; letzterer beschneidet eine, zwei und mehr schlängelartige Windungen (Fig. 8 A u. C); an den so entstandenen Fadenschlingen entspringen grössentheils kurze varicöse Fädchen, die theils zu gegenseitiger Verflechtung der Schlingen dienen, theils aber in dem Innerräume des Endkörperchens in Gestalt unregelmässiger oder

kropfenförmiger Verdickungen frei zu enden scheinen (Fig. 5C u. C', Fig. 8 A). Mithin endet das Nervenzistchen im Innern des Körperchen in Gestalt eines einzelnen, bogen- oder zirkelförmig gekrümmten dicken variösen Fasern, der schließlich in eine Verdickung ausläuft, während seine Ränder sich gegenseitig sich anschließen (Fig. 5D).

Analoges den andern Fall, d. h. wenn zwei Nervenzistchen an der Bildung eines lockeren Kanals Theil haben, mögen dieselben nun aus einer einzigen oder aus zwei verschiedenen markhaltigen Fasern hervorgegangen sein, so dringen beide Aestchen an einem der Pole des Körperchens in dasselbe ein, um hier abzuhil in mehrere dicke variöse Fasern zu zerfallen. Diese Fasern zeigen einen mehr oder weniger gerundeten Verlauf und werden durch kurze laterale Flächen unter einander verbunden. Solcher Weise entsteht ein lockerer Kanal, wie es in den Fig. 5C' und 7D dargestellt ist.

Indes sieht man nicht selten das eine Aestchen an dem einen, das andere an dem entgegengesetzten Pole in das Endkörperchen einströmen. Hier verlaufen sie schiffenartig gerundet und bilden so einen lockeren Kanal von spindelförmiger Form; die einzelnen Schlingen eines derartigen Kanals sind gewöhnlich mittelst kurzer und feiner Nervenzistchen unter einander verbunden (Fig. 6).

Die dichten Endkanäle entstehen, soweit meine Beobachtungen reichen, an dem einen oder an dem beiden Polen, d. h. an den Eintrittsstellen der Axencylinder der Nervenzistchen in das Endkörperchen dichter als in dessen übrigen Theilen, da die Nervenzistchen und Fasern gleich nach ihrem Eintritte sich viel stärker wunden als weiterhin (vgl. Fig. 5).

Sowohl die dichten als auch die lockeren Kanäle werden beständig eine gewisse Anzahl (1—2—3) feiner variöser Nervenzistchen ab, welche nach ihrem Austritte aus dem Endkörperchen eine oft mehr oder minder weite Strecke zurücklegen, ehe sie endlich in das Nervennetz eines der benachbarten Endkanäle übergehen (Fig. 5b, 6c und 7a, a'). Mittels dieser Fasern wird die Verbindung zwischen den einander anschließenden Endkanälen hergestellt und es ist zu bemerken, dass diese Verbindungsfäden nichts genau haben mit denjenigen Nervenzistchen, welche, wie bereits früher erwähnt, nach ihrem Austritte aus einem gegebenen Endkörperchen in ein anderes übergehen, um hier-

selbst in dem Nervennetze des Endkanals völlig aufliegen. Manchmal gelagert es ein solches terminales Nervenzistchen eine Strecke weit in seinen Verlaufe innerhalb des Endkörperchens zu verbleiben; dann sieht man dasselbe mit seinem Eintritte in das Endkörperchen sich ausnehmend windend mit den andern Fasern des Endkanals sich verflochten; schließlich jedoch entzieht es sich unserer Beobachtung inmitten des dichten Fleckwerkes der übrigen, in den Bestand des Endkanals tretenden Fasern (Fig. 6a).

Wie bereits bemerkt, finden sich die Endkörperchen nicht nur in der gefäßhaltigen Rindzone der Hornhaut, sondern auch innerhalb ihrer Substantia propria, in einem Abstände von 1—2 mm von der Rindzone. Die innerhalb der Substantia propria befindlichen Endkörperchen liegen unmittelbar unter der vorderen Basalmembran. Die in diesen letzteren Endkörperchen Nervenästchen haben einen zweifachen Ursprung: entweder sie gehen aus den Theilungsfasern der den vorderen Cornealstämmchen angehörigen markhaltigen Nerven hervor, oder sie entspringen den durchgehenden Fasern (Rami perforantes).

In letzterem Falle löst sich in der Nähe der vorderen Basalmembran von einer perforirenden Faser gewöhnlich ein mehr oder weniger feines Aestchen ab, welches nicht selten bogenförmig gebogen an das Endkörperchen herantritt, um hier selbst einen dichten oder einen lockeren Kanal zu bilden (Fig. 9c). Mitunter durchsetzt ein perforirendes Aestchen zunächst die vordere Basalmembran und geht darauf, ohne in die Fasern des subepithelialen Plexus zu zerfallen, in toto in ein unmittelbares unter dem Hornhautepithel gelegenes Endkörperchen über; solchenthalen treten bei der gleichen Tubusstellung sowohl die Fasern des subepithelialen Geflechtes als auch der Nervenzistchen deutlich hervor (Fig. 10b). Was die Endkörperchen der Hornhaut betrifft, so bieten, soweit ich bemerken konnte, die Nervenzistchen denselben meist das Aussehen von lockeren Kanälen dar; sie werden von einer oder von mehreren bogenförmigen Schlingen gebildet, die unter einander mittelst kurzer lateraler Fasern zusammenhängen.

Dies sind die hauptsächlichsten Formen der Endkanäle, wie wir sie in den uns beschaffenden Endkörperchen antreffen. Letztere finden sich, wie gesagt, in dem eigentlichen Hornhautgewebe, in der Gefäßzone dieser Haut und endlich in der Cor-

junctiona bulbé, von wo aus sie aller Wahrscheinlichkeit nach auch in die Hornhaut vordringen.

Außer außer den oben beschriebenen Endkörperchen treffen wir noch eine grosse Anzahl von Formvarietäten an, die sich jedoch nur durch geringfügige Differenzen in der Ausdehnung der Kutikelfäden von einander unterscheiden.

Bevor ich die Beschreibung der Endkörperchen schliesse, möchte ich es für notwendig, betreffs zweier der oben beschriebenen Nervensendeformen noch einige Worte klammern, und zwar handelt es sich hier um diejenigen Endknäuel, deren Fäden sichtbar frei, in Gestalt knopfförmiger Verdickungen enden, sowie um diejenigen, in welchen der ganze Nervensendelapparat als ein einzelner, im Linsenraume des Endkörperchens sich windender Faden erscheint. Diese beiden Endformen sind meiner Eherzeugung nach als Knospfprodukte zu betrachten, die entweder infolge einer unvollständigen Färbung der Endfäden des Knäuels entstanden sind, oder aber dadurch, dass die Färbung des Präparates zu spät erfolgte, als bereits die Färbung der Nervenzellen abgeschlossen begann und eine Anzahl der den Endknäuel bildenden Nervenzellen ihre Färbung vollständig oder wenigstens zum Theil verloren hatte. Zu Gunsten dieser Annahme kann ich die Thatsache anführen, dass an Präparaten, welche bei sehr vollständiger Nervenfärbung rechtzeitig fixirt waren, die in Rede stehenden Nervensendeformen entweder gar nicht oder nur höchst selten auszufinden sind. Einen jeden mit der Methylenblaumethode Versuchten ist es wohl bekannt, dass es überaus leicht ist, in irgend einem gegebenen Gewebe eine vollständige Nervenfärbung zu erhalten, zumal wenn man sich behufs dessen der Ehrlich'schen Methode bedient, d. h. die Färbung direct in das Blut der Versuchsthiere einführt. Gewöhnlich tritt unter solchen Bedingungen die Nervenfärbung sehr rasch ein, um aber leider eben so schnell zu erlöschen wie diesfalls war; nicht selten kommt die Färbung eines Theiles der Nervenzellen bereits ab, während die zu anderen Nerven eben erst auftritt, und es ist daher mehrfach recht schwerig, den Zeitpunkt zur Fixation des Präparates richtig zu treffen. Angesichts des soeben Gesagten müssen wir sehr vorsichtig sein bei unserer Schlussfolgerungen betreffs der frei mit knopfförmigen Auswüchsen endigenden Nervenzellen. Denn diese Form der Nervensend-

Die Nervensendkörperchen in der Cornea u. Conjunctiva bulbé etc. 613

gen kann wohl das Resultat einer unvollständigen Nervenfärbung sein.

Außerdem von den beschriebenen Endkörperchen finden sich in dem eigentlichen Hornhautgewebe, in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ —2 mm von dem gefäßhaltigen Cornealrande noch andere eigenthümliche Nervensendkörperchen in Gestalt von Endplättchen. Die vorderen Nervenzellen der Cornea enden gewöhnlich nach ihren Eintritte in dieselbe mehrere markhaltige Fasern, welche bald darauf ihre Marksheide verlieren und in je 2—4 variöse Astchen zerfallen; dieselben verlieren eine geringe Stärke weit entfernt des Hornhautrande mehr oder weniger parallel oder aber in radialer Richtung zum Centrum der Cornea hin und schließlich geht ein jedes dieser Astchen in ein Endplättchen über (Fig. 11 b). Diese Endplättchen präsentieren sich als Gebilde von viereckiger oder unregelmäßig abgerundeter Form; einige von ihnen erscheinen schalenförmig ausgehöhlt und ähneln hier und da wie eingeschüßt (Fig. 11). Die Ränder der Endplättchen sind häufig uneben, gezackt; mitunter lost sich von dem Rande eines Endplättchens ein kurzer variöser Faden ab, welcher sich bald darauf wiederum dessen Rande nähert und mit demselben verschmelzt (Fig. 11). Die Grösse der Endplättchen ist verschieden und neben grösseren finden wir solche von sehr geringem Umfange. Die beschriebenen Endplättchen enthalten keine Kerne und angeordnet dessen, dass sie einigermassen den Hornhautzellen ähnlich, haben sie denselben mit den letzteren nichts gemein. Bei Fixation der Methylenblauspreuze mittels piezostatischen Apparates entsteht bekanntlich ein feinkörniger Niederschlag; dieser letztere ist in den Endplättchen ungleichmässig vertheilt und in Folge dessen bilden sich denselben stellenweise in Reihen liegende, intensiv gefärbte Fleckchen und Klümpchen (Fig. 11). Es ist sehr möglich, dass die Arbeitlichkeit dieser Endplättchen mit den Hornhautzellen die Ursache gewesen ist, weshalb mehrere Forscher, wie Kühnle, Waldeyer und Izquierdo u. A. sich für einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen den Nerven und dem Protoplasma der vorderen Elemente der Hornhaut aussprechen.

Die von mir in der Cornea und Conjunctiva bulbé beschriebenen Endkörperchen sind durchaus identisch mit den zuerst von

W. Krause in der Conjunctiva bulbi des Menschen, des Affen und anderer Thiere entdeckten Endkolben. Die Gegenwart dieser letzteren in der Bindehaut des Menschenauges wurde bald darauf durch die Untersuchungen von Frey, Kölliker, Lüdten, Cincels, Longworth und Waldeyer, A. Key und G. Retzius, Merkel, Schwabe u. A. bestätigt und gegenwärtig zweifelt wohl Niemand mehr an ihrer Existenz. Was den Bau der Endkolben anlangt, so stimmen fast sämtliche Beobachter überein, dass diese Gebilde von einer, zahlreiche oblonge Kerne tragenden, bindegewebigen Kapsel umhüllt werden (W. Krause, Frey, Kölliker, Merkel u. A.). Die Kapsel einiger zusammengesetzterer Endkolben liess nach G. Retzius einen geschichteten Bau erkennen, wobei ein Theil derselben in der Kapsel desogen Kerne auf die Nervenfasern zu beziehen sind, welche die Endkolben an ihrer Oberfläche umwinden. Gemäss Longworth's Ansicht besteht die Bindegewebshülle der kugeligen Endkolben beim Menschen aus zwei Lamellen, einer äusseren und einer inneren; sie sind durch einen engen, von homogener Substanz gefüllten Zwischenraum von einander getrennt und enthalten beide recht zahlreiche Kerne.

Ganz anders verhält es sich mit der Frage über die Bestandtheile des sogenannten Innenkolbens und über die Nervenendigungen in denselben.

Nach W. Krause tritt als Bestandtheil des Innenkolbens eine eigenthümliche, feingranulirte und längsgestreift erscheinende Substanz auf. Die Nervenfasern tritt, nachdem sie vorher ihre Markscheide verloren, in den Innenkolben ein und zeigt hier die trichostatische Theilungen und die daraus hervorgegangenen Theilungstücher (Terminalfasern) zeigen einen gewissen Verlauf und enden schliesslich in Gestalt knopfartiger Anschwellungen. In einer späteren Arbeit hat W. Krause seine ursprüngliche Ansicht über den Bau des Innenkolbens einigermaassen modificirt; er betrachtet denselben zunächst als aus besonderen Zellen bestehend, die er „Längskolbenzellen“ nennt; zwischen diesen Zellen liegen die genannten Endkolben (Terminalfasern) mit ihrer knopfartigen Endanschwellung. In den Endkolben der Conjunctiva bulbi des Menschen zählt W. Krause je 1—4, mit den oben erwähnten Endknöpfchen analoge Terminalfasern. Mit den Beobachtungen von W. Krause stimmen Frey, Lüdten

und Kölliker überein; letzterer schreibt, gleichwie Krause, den „Längskolbenzellen“ keine besondere physiologische Bedeutung zu, indem er meint, dass dieselben genetisch als zur Schwannschen Scheide gehörig oder einfach als Theile des Nervenansatzpunktes anzufassen seien. G. Retzius, welcher sehr detaillierte und gründliche Untersuchungen über den Bau der Conjunctivalkolben des Menschen angestellt hat, kann die Existenz der Längskolbenzellen nicht bestätigen; nach seiner Beobachtung besteht der Innenkolben aus einer sehr granulirten Masse, in welcher keinerlei zellige Elemente zu Tage treten. Der nackte Axencylinder der Nervenfasern tritt nach Retzius in den Innenkolben ein, windet sich hier schlangenförmig und zerfällt bald in Fibrillen, welche die granulirte Masse in verschiedenen Richtungen durchsetzen, um als kurze, stabförmige Fäserchen hier und da hervorzutreten. In den zusammengesetzten Endkolben zerfällt der Axencylinder in einzelne Fibrillen, die in der granulirten Substanz des Innenkolbens eingelagert sind; die besagte granulirte Masse wird von Retzius „Terminalsubstanz“ genannt und mit der analogen körnigen Substanz der Endknospen der Papilla retinae verglichen, wobei er veranlasst, dass die Nervenfasern in dieser granulirten Masse endigen.

Longworth, Waldeyer und F. Merkel gelangen auf Grund ihrer Untersuchungen zu dem Schluss, dass der ganze Innenkolben aus einer gewissen Menge über einander geschichteter, kernhaltiger Zellen bestehe; in den letzteren enden, nach Longworth und Waldeyer, die aus Theilung des Axencylinders der Nervenfasern hervorgegangenen Fibrillen. Merkel reift die Conjunctivalendkolben auf Grund ihrer Structur und der Endigungsweise ihrer Nerven den Tastkörperchen an.

Mehre eigenen Beobachtungen betreffen die Structur und die Nervenendigungen in den Endkörperchen der Cornea und Conjunctiva bulbi des Menschen lassen sich, wie es aus der vorhergehenden Beschreibung ersichtlich, folgendermassen zusammenfassen:

Die Endkörperchen werden von einer mehr oder weniger dünnen Bindegewebshülle — der Kapsel — bekleidet; letztere enthält runde oder ovale Kerne, von denen einige, wie bereits Retzius mit Recht bemerkt, den markhaltigen Nervenfasern angehören.

In dem von der Kapself angrenzten Hinnanzum der Endkörperchen ist nicht die geringste Spur von Zellen oder Kernen enthalten; denselbe wird vielmehr von Nervenstäben und Nervenfasern angefüllt, welche einen Nervenkanal bilden; die zwischen den Faserschlingen des Endkanals fließfähiges spärliches Lärken sind von einer geringen Menge einer homogenen oder leicht granulösen Substanz besetzt.

Zu einem jeden Endkörperchen treten ein, zwei oder drei Nervenstäbe heran, welche aus der Teilung einer einzigen oder aber zweier verschiedener markhaltiger Nervenfasern hervorgegangen sind. Die Nervenstäbe treten, nachdem sie ihre Markscheide verloren haben, in den Hohlraum des Endkörperchens ein, um hier in mehrere feine Zweige zu zerfallen, welche kräftiger sich in ihrem mannigfach gerundeten Verlaufe wiederholt in feine varicöse Fäden spalten. Diese Nervenfasern bilden, indem sie sich auf die verschiedenste Weise verflechten, schlängelnd und mit einander vereinigen, entweder einen dichten oder einen lockeren Knäuel.

Die in dem Bestand des Endkanals tretenden Nervenfasern laufen nicht etwa frei, in Gestalt knopfförmiger Anschwellungen aus, und wenn man mitunter auch solche, dem Anscheine nach freie Nervenendigungen in dem Endkörperchen zu Gesichte bekommt, so lassen sich dergartige Bilder als wahrscheinlichsten aus einer unvollständigen Färbung der im Endkanal enthaltenen Nervenfasern erklären.

Aus dem Endkanäle treten nicht selten mehrere Nervenfasern aus, welche mehr oder minder beträchtliche Strecken durchsetzen, um in andere Endkörperchen einzudringen und hier auf's Neue an der Bildung von lockeren oder dichten Knäueln theilzunehmen.

Die Endknäuel benachbarter Endkörperchen stehen mittels besonderer, feiner, varicöser Fäden unter einander in Verbindung.

In dem Gewebe der Hornhaut begegnen wir eigenthümlichen Endapparaten der Nervenfasern, welche ich Endplättchen genannt habe.

Die Endkörperchen der Cornea und Conjunctiva beim Menschen stehen in Hinsicht ihres Baues, sowie in dem Verhalten

ihrer Nervenendigungen dem von A. Smirnow¹⁾ in der Froschlunge beschriebenen Nervenendapparaten, gleichwie dem sogenannten „Gehaltnerkörperchen“, sehr nahe. In den letztgenannten Gebilden zerfallen zufolge der neuesten Beobachtungen von Aronson²⁾ und G. Retzius³⁾ die Äxeylinder der Nervenfasern im Innern des Körperchens in einzelne Zweige mit Fäden, die in Anschwellungen von verschiedener Gestalt auslaufen.

Im Hinblick auf meine eigenen Beobachtungen betrefft der Endkörperchen der Cornea und Conjunctiva beim Menschen und bei Durchmusterung einer ganzen Reihe von Abbildungen, welche der genüßlichen Arbeit von G. Retzius beigelegt sind, gelange ich zu der Ansicht, dass die Anschwellungen, in welche nach seiner Meinung die Nervenfasern auslaufen, nichts anderes sind, als varicöse Verdickungen der durch Methylenblau unvollständig gefärbten Nervenfasern. Aller Wahrscheinlichkeit nach bilden die Nervenfasern innerhalb der Gehaltnerkörperchen, ebenso wie wir es in dem von uns beschriebenen Endkörperchen sehen, ein Nervennetz, dessen Schlingen sich auf verschiedene Weise anordnen und verflochten.

Literatur.

1. W. Krause, Zeitschrift für rationelle Medizin Bd. V, 1856.
2. Derselbe, Die sensiblen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover, 1893.
3. Derselbe, Die Nervenendigung innerhalb der sensiblen Körperchen. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. XIN, 1881.
4. Frey, Histologie und Histochemie des Menschen, Leipzig, 1879.
5. Lüdten, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. IX, 1863.
6. A. K. G. G. G., Handb. der Gewebelehre des Menschen. 4. Aufl. 1923.
7. Dornshe, „ „ „ „ „ 6. „ 1884.

1) A. Smirnow, Ueber Nervenendkanäle in der Froschlunge. Anst. Anat. III, Jahrg. 1898.

2) Aronson, Beitr. zur Kenntnis der centralen und peripheren Nervenendigungen. Jahrg. Dtsch. Berlin 1886.

3) G. Retzius, Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Gehaltnerkörperchen des Kanarienvogels. Inwieweit Monatschr. für Anatomie und Physiologie Bd. VII, Heft 8, 1899.

8. G. Ciaccio, Memorie dell' Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. Ser. III. Tomo IV. Fascicolo 4, 1874.
 9. Derselbe, Ueber den Bau der Bindehaut des menschlichen Auges. Moleschotti's Untersuchungen zur Naturlehre. XI.
 10. Longworth, Anek. z. mikrosk. Anatomie Bd. XI, 1825.
 11. Waldeyer, Tageblatt 4. Breslauer Naturforschers-Versammlung 1824.
 12. Derselbe, Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven. Arch. für mikrosk. Anatomie Bd. XVII, 1860.
 13. Axel Key u. G. Retzius, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Stockholm, 1851.
 14. F. Merkel, Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Basock, 1860.
 15. G. Schwalbe, Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen, 1882.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXXIII u. XXXIV.

Sämmtliche Abbildungen sind mit Hilfe der Camera lucida nach Präparaten gezeichnet, welche, ausgenommen das der Fig. 2, durch Methylenblau gefärbt und sodann mittels jodwasseriger Ammoniak- oder Kalis-Flüßigk. waren.

- Fig. 1. Nervenstäben (a) des Endknottes der Hornhaut, in dem markhaltige Fasern (b) enthalten sind. Diese letzteren erstrecken in dicken und lockeren Endknäueln von verschiedener Form. Gefässen der Cornea. Obj. 4. Reichert.
 Fig. 2. Endkörperchen aus der Conjunctiva bulbi. Längsschnitt durch die in Flüssigkeitseiner Leertig gefüllte Bindehaut des Auges. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 3. Endkörperchen aus dem Handtheile der Conjunctiva bulbi. a) Markhaltige Nervenfasern, deren Aneurysmaler in einem dichten Endknäuel übergeht. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 4. A und B) Nervenzusammenhänge aus der Conjunctiva bulbi. a) Markhaltige, dem Knäuelchen A sich nähernde Nervenfasern, theilt sich in drei Ästchen, die aus dem Knäuelchen B. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 5. A) Markhaltige Nervenfasern, die in zwei Ästchen (a und c) zerfällt; das eine von diesen Ästchen (a) zerfällt mit einem dichten Knäuel (B), das andere (c) theilt sich mit'a Naze in drei Zweige (f, f', f''). Das marklose Zweigchen f zerfällt in die beiden feinen Fasern h und i; die Faser i endet in einem lockeren Knäuel (C) und in einem längsförmig verlaufenden dicken verflochten Faden (D), die Faser i dagegen theilt sich mit der Bildung des lockeren Knäuels C'; das marklose Zweigchen f' geht in einen dichten Knäuel (B') über. Das markhaltige Zweigchen f'' endlich theilt sich in die beiden marklosen Fasern f''' und f''', welchen

Die Nervenendkörperchen in der Cornea u. Conjunctiva bulbi etc. 619

letzteren Kerne anliegen; die genannten Fasern gehen in die lockeren Endknäuel C' und C'' über. g) Ästchen einer (in der Figur nicht abgebildeten) markhaltigen Faser, welches in mehrere variöse Fäden zerfällt; letztere gehen in den Endknäuel B' über. h) Anaxostomischer Nervenfortsatz. Gefässen der Cornea. Obj. 8a. Reichert.

- Fig. 6. A und B) Zwei markhaltige Fasern, von denen die jede sich gabelförmig in zwei Ästchen (a, b und c, d) theilt. Das Ästchen a geht in einen lockeren Knäuel über, während die übrigen dichte Endknäuel (C, C', C'') bilden. e) Verschiedene Nervenfasern, der zwei Endknäuel mit einander verbindet. f) Ästchen, die aus der Theilung von (nicht in die Zeichnung aufgenommenen) markhaltigen Fasern hervorgegangen sind. Gefässen der Cornea. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 7. A und B) Markhaltige Nervenfasern. Die aus der Theilung der Faser A hervorgegangenen marklosen Ästchen bilden zwei dichte Knäuel (C und C'). Das eine der Ästchen der Faser B geht in einen dichten Knäuel von kugelförmiger Form (D') über; letzterer enthält fünf Nervenfasern; drei von ihnen gehen in den lockeren Knäuel D und D' auf, während die beiden anderen Fäden (a und a') als anatomische Fasern erscheinen. h) Ästchen markhaltiger Nervenfasern. Gefässen der Cornea. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 8. A und C) Lockere Endknäuel. B) Dichter Endknäuel. a, b, c und d) Ästchen, hervorgegangen aus der Theilung markhaltiger Nervenfasern. e) Anatomischer Nervenfortsatz. Handtheil der Conjunctiva. Obj. 8a. Reichert.
 Fig. 9. a) Ästchen eines der vorherigen Nervenstämmchen der Cornea. b) Perforirende Ästchen, die in die Fäden (D) des subepitheliales Nervengeplexus zerfallen; von einem der perforirenden Ästchen geht der Faden c ab, der in einem lockeren Knäuel endet. c) Dickeres Nervenzästchen, das in den Bestand des im Handtheile eines gelegenen Nervenfortsatzes mit. Handtheil der Cornea. Obj. 7. Haeckel.
 Fig. 10. a) Ästchen eines der vorherigen Nervenstämmchen der Cornea. b) Perforirendes Ästchen in einem lockeren Knäuel endigend; letzterer liegt unter dem Epithel der Cornea. c) Fäden des subepitheliales Geflechtes. Handtheil der Cornea. Obj. 4. Reichert. Tubus halb ausgezogen.
 Fig. 11. a) Ästchen eines der vorherigen Nervenstämmchen der Cornea. b) Aneurysmaler einer markhaltigen Nervenfasern; derselbe zerfällt in diese Ästchen, welche in Endknäueln (D) auslaufen. Cornealrand. Obj. 8a. Reichert.



