

## XIX.

## Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut.

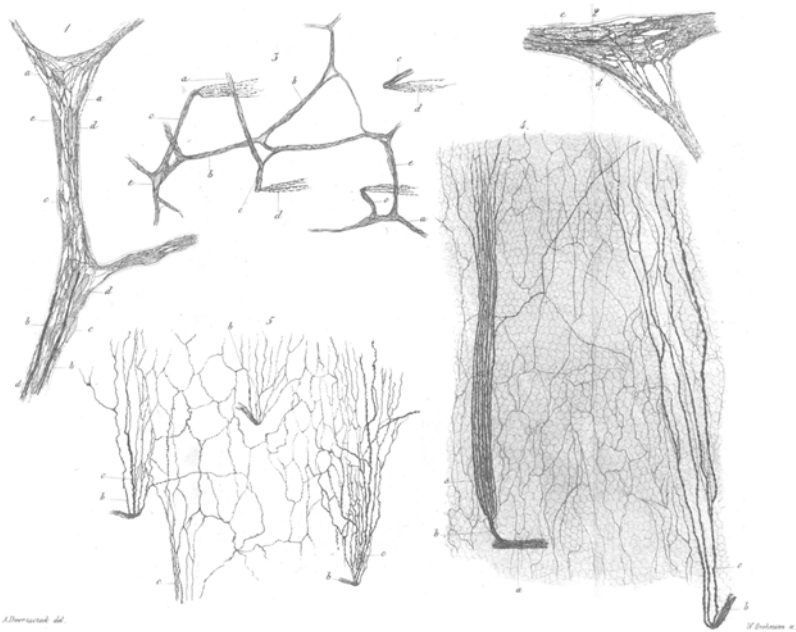
Von Dr. J. Cohnheim,

Assistenten am pathologischen Institut in Berlin.

(Hierzu Taf. XI u. XII.)

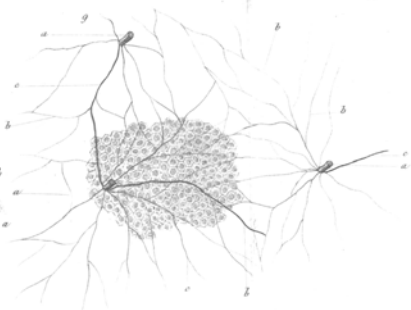
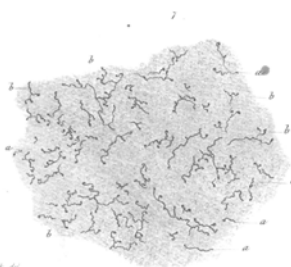
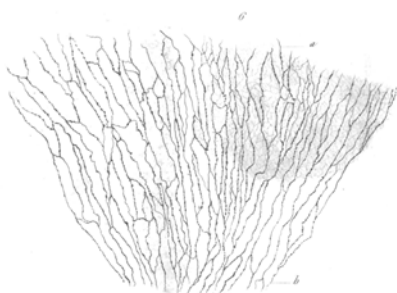
**D**ass die Hornhaut empfindlich ist, das ist ohne Zweifel eben so lange bekannt, als man eine Frage nach dieser Richtung aufgeworfen hat; und man braucht weder Physiolog noch Ophthalmolog zu sein, um zu wissen, dass auch die leiseste Berührung der Cornea wahrgenommen wird. Mehr noch, und das ist eine ebenso alte und allgemeine Erfahrung, dieselbe wird sofort durch eine Abwehrbewegung, das Schliessen der Augenlider, auf das Prompteste beantwortet. Hierin liegt eben eine sehr ausgesprochene Differenz der Empfindlichkeit der Cornea von der der übrigen sensibeln Körperoberfläche; dieselbe Berührung, welche an der Hornhaut, wird sicher auch an der Gesichtshaut, der Hand etc. empfunden, aber in der Hornhaut allein wird sie zugleich schmerzhaft empfunden. Dass in dieser Beziehung ein Unterschied statt hätte zwischen den peripherischen und centralen Abschnitten der Cornea, wie man wohl zu Ungunsten der letzteren hat behaupten wollen, davon habe ich mich durch Versuche an Menschen und Säugethieren nicht überzeugen können. Dagegen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Empfindlichkeit der Hornhaut wesentlich an die oberflächlichsten Lagen derselben gebunden ist; die selbst unsanfte Betastung der Cornea wird sogleich erträglich, sobald, wie diess ja bei der Extraction von Fremdkörpern nicht selten nöthig wird, die vorderste Gewebslage abgetragen ist, und, wie ich aus dem Munde der erfahrensten Augenärzte weiss, es erregt viel weniger Schmerz, den Grund tiefergreifender Hornhautgeschwüre zu touchiren, als die intacte Oberfläche zu streifen.

Halten wir gegenüber diesen Ergebnissen einer täglichen Erfahrung und einfacher Versuche den Stand unserer anatomischen



Abstrusculi del.

V. Duboussé n.



A. Thomsen del.

H. Thomsen sc.

Kenntnisse von der Innervation der Cornea, so können wir uns kaum für befriedigt erklären. Es kann natürlich nicht meine Absicht sein, an dieser Stelle alle die Darstellungen zu reproduciren, welche über die in Rede stehende Frage allmählich bis heute publicirt worden sind; es genüge vielmehr, darauf hinzuweisen, dass seit den Arbeiten von His, J. Arnold und Anderen die Lehre sich der allgemeinsten Annahme erfreut, nach welcher die Hornhautnerven in einem oberflächlich gelegenen Netze blasser Fasern endigen, dessen Knotenpunkte kernhaltige Anschwellungen, vielleicht gangliöser Natur bilden: denn auch die neueste Arbeit über die Endigung der Hornhautnerven, die von H. Hoyer (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. Heft II. p. 180—195), auf welche wir im Laufe dieser Abhandlung noch mehrmals zurückzukommen werden Gelegenheit haben, führt nach des Verfassers eigenem Bekenntniss nicht weit genug, um als eine neue und abweichende Lösung der Aufgabe sich Eingang zu verschaffen. Wollen wir aber jetzt auch von den allgemein theoretischen Bedenken ganz absehen, welche sich a priori einer Nervenendigung in Netzform entgegenstellen, so liegt doch auf der Hand, dass diese Weise der Endigung in nichts Wesentlichem abweicht von der in den übrigen Hautprovinzen, soweit wir dieselbe bis heute kennen, ganz im Gegensatze zu der oben berührten so prägnanten Differenz im physiologischen Verhalten; und nehmen wir dazu noch die keinesweges sehr oberflächliche Lage des Endnetzes, das alle Autoren übereinstimmend erst eine messbare Strecke weit hinter das mehrschichtige Epithel verlegen, so wie die relative Weite der Maschen, wie sie ganz allgemein abgebildet werden, so kann augenscheinlich mit diesem anatomischen Verhalten die grosse Empfindlichkeit der oberflächlichsten vordersten Lagen der Cornea nicht erklärt werden. Unter diesen Umständen erschien eine Erneuerung der Untersuchung wünschenswerth genug und ich mochte mich um so lieber dazu entschliessen, als die immerhin recht vollständige Kenntniss, welche wir vom Bau der Hornhaut haben und insbesondere die Abwesenheit aller drüsigen Bildungen, der Blutgefässe etc. in diesem Organ die Aufgabe nicht unerheblich zu erleichtern versprachen.

Andererseits konnte ich mir freilich von vornherein nicht verhehlen, dass ich bei dieser Untersuchung mit mancherlei Hin-

dernissen würde zu kämpfen haben. Denn ein Jeder, der noch über die Nerven der Cornea gearbeitet hat, hat auch die Schwierigkeiten betont, welche der Verfolgung der Nervenfasern in derselben sich entgegenstellen. Bedingt wird, wie bekannt, diese Schwierigkeit im Wesentlichen dadurch, dass die Nerven sehr bald nach ihrem Eintritt in die Hornhaut ihre Markscheide verlieren und nun als marklose blasse Fasern weiter verlaufen. Fragen wir uns aber nach den Ursachen, welche die Verfolgung blasser Nervenfasern hier wie an allen anderen Orten des thierischen Körpers, zu einer der delicatesten Aufgaben in der gesammten Histologie machen, so sind es vor Allem drei Punkte, welche hier in Betracht kommen. Zuerst die geringe Differenz des Lichtbrechungsvermögens, welches blasse Nervenfasern im frischen Zustande haben, von dem anderer Gewebstheile, in unserem Falle z. B. der Hornhautgrundsubstanz; alsdann die ungemeine Gebrechlichkeit und Vergänglichkeit der Fasern, welche die Inangriffnahme der Untersuchung sofort nach dem Tode zur unbedingten Nothwendigkeit macht; und endlich noch die Möglichkeit einer Verwechselung der Nervenfasern mit anderen faserigen Gewebeelementen, insbesondere denen des Bindegewebes. Das Bestreben, diesen Uebelständen zu begegnen, hat ja auch all den vielen Methoden zu Grunde gelegen, welche für die Untersuchung des Nervenverlaufes ersonnen und in Anwendung gezogen worden sind; durch die verschiedenen Tinctionsmethoden mittelst Farbstoffen, wie Carmin, Anilin etc. hat man die optische Differenzirung der Fasern von der Umgebung erleichtern, resp. erst ermöglichen wollen, und die Anwendung der Chromsäure und des chromsauren Kalis hat ihren Hauptzweck darin, die nervösen Fasern resistenter zu machen und dadurch für eine längere und ausdauernde Erforschung geeignet. So vortrefflich aber auch diese Methoden in anderen histologischen Gebieten sich bewährt haben und so bedeutende Resultate noch grade in der jüngstverflossenen Zeit durch eine methodische Ausbildung des zweitgenannten Verfahrens erreicht worden sind, in der Verfolgung unserer Aufgabe haben dieselben mich nicht weiter geführt, als die früheren Autoren, welchen sie gleichfalls nicht unbekannt gewesen sind. Indem ich mich daher nach neuen Untersuchungsmethoden umseh, lag es nach den Erfahrungen der letzten Jahre nahe genug, dass sich

meine Aufmerksamkeit den metallischen Imprägnationsmethoden zuwandte und nach mehrfachen erfolglosen Versuchen glaube ich hier in dem Goldchlorid eine Substanz gefunden zu haben, welche die oben als wünschenswerth bezeichneten Bedingungen erfüllt.

Wie alle Salze der edlen Metalle wird auch das Chlorgold von organischen Substanzen reducirt und einem Jeden, der mit Goldsalzen gearbeitet hat, sind die rothen Flecken wohlbekannt, welche durch dieselben auf der Haut oder auf anderen organischen Theilen erzeugt werden. Für die Histologie erhält aber diess Reagens erst dadurch Werth, dass, wie der Versuch lehrt, bestimmte Gewebe mit besonderer Schnelligkeit und Sicherheit diese Reduction bewirken. Bei der unter diesem Gesichtspunkt angestellten experimentalen Prüfung war es natürlich, dass ich mich durch die beim Silber gewonnenen Erfahrungen leiten liess; indessen stellten sich doch, auch ganz abgesehen von dem endlichen Effect, schon in der technischen Handhabung einige nicht unwesentliche Differenzen zwischen beiden Metallen heraus. Während nemlich für das Silbersalz die schon von vornherein durch Recklinghausen angegebene Concentration von 0,2—0,25 pCt. sich im Grunde genommen ganz allgemein als die zweckmässigste bewährt hat, kommt man beim Goldchlorid erst zu einem Resultate, wenn man den Gehalt der Lösung auf 0,5 pCt. erhöht. Als dann ist es für das Gelingen der Silberfärbung eine ganz wesentliche Bedingung, an deren Vernachlässigung grade so viele Forscher gescheitert sind, dass die Einwirkung des Arg. nitricum nur ganz kurze Zeit, über Secunden, sich erstrecke: im Gegensatze hierzu erfordert die Anwendung des Goldchlorids eine bedeutend grössere Zeit und ein einfaches Eintauchen des histologischen Objectes in die Goldlösung hat gar keinen Effect. Bestimmte Vorschriften lassen sich in dieser Beziehung nicht geben, es muss die erforderliche Zeit bei jedem einzelnen Object ausprobiert werden und die folgende Detaildarstellung des Verhaltens der einzelnen Gewebe gegen das Goldsalz wird hierfür einige Fingerzeige geben. Nur im Allgemeinen lässt sich aussagen, dass je dünner die mit dem Goldchlorid zu durchtränkende Gewebsschicht ist, desto kürzere, je dicker jene, desto längere Zeit erforderlich ist, um gute Resultate zu erzielen. Es hängt diess damit zusammen,

dass — und das halte ich für eine sehr erhebliche Differenz in dem Verhältniss der in Rede stehenden Metalle — die Wirkung des Goldsalzes sich nicht, wie die des Höllensteins, bloss auf die oberflächlichsten Gewebsschichten beschränkt, sondern auch in die Tiefe vordringt, selbst zu der eines Millimeters und mehr; begreiflicher Weise aber vergeht eine grössere Zeit, wenn die Hornhaut eines Kaninchens soll durchtränkt werden, als für die so viel dünnere des Frosches. Im Grossen und Ganzen hat sich mir als durchaus genügend erwiesen, die Imprägnation des Goldsalzes so lange anhalten zu lassen und in dem Augenblicke zu unterbrechen, wenn das resp. Object eine deutlich strohgelbe Farbe durch und durch angenommen hat, was, um die gewählten Beispiele festzuhalten, für die Froschcornea etwa 15—20 Minuten, für die des Kaninchens wohl eine Stunde und noch mehr erfordert. — Auch die Zeit, welche nach der Imprägnation bis zur vollendeten Reduction vergeht, ist beim Goldchlorid erheblich grösser, als beim Silbernitrat; es vergehen 24 bis 48 Stunden, selbst drei Tage, ehe die Ausscheidung vollständig geschehen ist. Das Sonnenlicht, unter dessen Einfluss die Silberverbindung bekanntlich fast augenblicklich reducirt wird, beschleunigt allerdings auch die Reduction des Goldpräparats, indess zieht sich auch dann der ganze Prozess über eine Zeit von mindestens 6—8 Stunden, häufig noch viel länger hin. Inwiefern endlich an einzelnen Geweben rascher die Goldwirkung hervortritt, als an anderen, das soll alsbald des Genaueren erörtert werden. Die Farbe, welche die mit Goldchlorid behandelten Objecte nach geschehener Reduction annehmen, ist dieselbe, welche das metallische Gold in sehr dünnen Schichten überall zeigt; am häufigsten, und das sind immer die bestgelungenen Präparate, eine schön und mehr oder weniger tief rothe, zuweilen eine violette oder intensiv blaue, in seltenen Fällen selbst eine grüne oder graue; je kürzere Zeit seit der Reduction vergangen, desto reiner ist die rothe Farbe, die bei längerer Aufbewahrung der Objecte stets einen Stich in's Blaue annimmt, weiterhin nachdunkelt, selbst bis zum Ton einer blauschwarzen Dinte. Schliesslich mag hier noch erwähnt werden, dass die der metallischen Imprägnation vorausgehende Durchtränkung mit Transsudatflüssigkeit oder ähnlichen, welche bei der Silbermethode den Erfolg in so ungemeinem Grade sichert, beim

Goldchlorid durchaus entbehrt werden, ja sogar vermöge der auf der Oberfläche erzeugten Goldalbuminatniederschläge recht störend wirken kann. Dagegen wird die Sauberkeit und Eleganz der Präparate in hohem Grade gefördert, wenn der Lösung des Goldchlorid von vorn herein ganz wenig verdünnter Essigsäure zugesetzt wird; auch während des Reductionsvorganges werden die Objecte zweckmässig anhaltend in saurerer Flüssigkeit erhalten, die vollends unentbehrlich wird, falls jene sollen dauernd aufbewahrt werden.

Nach Allem möchte sich empfehlen, bei der histologischen Anwendung des Goldchlorids in folgender Weise zu verfahren. Das möglichst frische und vorher selbstverständlich in keiner Weise, sei es mechanisch oder chemisch, insultirte Object, z. B. die Cornea oder die M. nictitans etc. wird direct in eine  $\frac{1}{2}$ prozentige Lösung von Goldchlorid gebracht, der ein wenig verdünnter Essigsäure zugesetzt ist; es genügt dabei, nur ebensoviel Goldlösung anzuwenden, dass das Object vollständig in sie eintaucht und rings umspült wird. In dieser Lösung lässt man dasselbe so lange, bis es eine strohgelbe Farbe angenommen; alsdann wird es herausgenommen, Anfangs in destillirtem oder Brunnenwasser abgespült, hernach einfach in mit Essigsäure angesäuertem Wasser stehen gelassen. Nach einiger Zeit verliert sich dann allmählich der gelbe Farbenton, um einem Anfangs gelbgrauen, weiterhin rein grauem Platz zu machen; das Grau nimmt allmählich einen Stich in's Violette an und geht von da aus dann successive in's Rothe über. Hat das ganze Präparat, nach Ablauf von ein bis zwei, vielleicht erst drei Tagen eine deutlich heller oder tiefer rothe Farbe, so ist es jetzt jedenfalls zur Untersuchung geeignet, falls nicht besondere Gründe es selbst wünschenswerth erscheinen liessen, schon in einem früheren Stadium der Reduction die mikroskopische Prüfung auszuführen. Die Untersuchung selbst geschieht ganz einfach in, zweckmässig gleichfalls angesäuertem Wasser, die Aufbewahrung in ebenderselben Weise.

Durchmustern wir jetzt das Verhalten der einzelnen Gewebe gegen das Goldsalz, so kann selbstverständlich immer nur in Frage kommen, ob dieselben reducirend wirken und mit welcher Schnelligkeit. Als ganz allgemeiner Erfahrungssatz kann hier sogleich hingestellt werden, dass alle Zellen, deren Substanz wir einen



protoplasmaartigen Charakter vindiciren, also alles Zellprotoplasma das Goldchlorid rasch und energisch reducirt; es gilt diess sowohl von den farblosen Zellen des Blutes, der Lymphe, des Eiters u. dergl., als auch von allen zelligen Elementen des Bindegewebes, und ebenso von den Speichel-, Leber-, Labzellen, von denen der gewundenen Harnkanälchen, kurz allen echten Drüsenzellen. Alle diese Zellen werden durch Goldchlorid roth, vielleicht am raschesten und tiefsten die Drüsenzellen. Und zwar behält dabei das Protoplasma, von der Farbe abgesehen, in jeder Weise ganz unverändert seinen Habitus, bald fein-, bald grobgranulirt, immer mit dem zarten, stets einfachen äusseren Grenzcontour; alle fremdartigen Einlagerungen im Innern des Zellkörpers, selbst etwaige Vacuolen in voller Deutlichkeit hervortretend. Das Verhalten des Kerns ist nicht ganz constant, zuweilen hat er denselben Farbenton, wie das Protoplasma der Zelle, in seltenen Fällen erscheint er selbst dunkler roth; bei Weitem am häufigsten aber bleibt er vollkommen ungefärbt und dadurch äusserst scharf von der eigentlichen Zellsubstanz abstechend. Wie aber auch immer die Farbe, der Contour des Kerns ist unter allen Umständen ganz rein markirt, und man sieht denselben in all den bekannten Gestalten rundlich, längs- oder queroval, oder in jenen verbogenen, fremdartigen Formen, wie sie z. B. an den Hornhautkörperchen so lange schon die Aufmerksamkeit der Beobachter erregt haben und doch bis heute noch einer sicheren Deutung spotten. Das Kernkörperchen, das natürlich ohne Schwierigkeit wahrgenommen werden kann, meine ich niemals gefärbt gesehen zu haben.

Das Reductionsvermögen des Zellprotoplasma wird noch übertroffen durch das des Nervengewebes, des zelligen nicht minder, als des faserigen, und die Empfindlichkeit dieses Gewebes gegen Gold ist so gross, dass schon eine Lösung von 0,1 pCt. Gehalt ausreicht, um, nach allerdings längerer Einwirkung, dasselbe, wenn es in isolirtem Zustande behandelt wird, nachdrücklich zu färben. Die Ganglienzellen werden mehr oder weniger tiefroth, ihr Protoplasma erscheint feinkörnig, ohne dass es mir gelungen wäre, noch eine besondere Differenzirung im Innern wahrzunehmen; der Kern bleibt auch hier gewöhnlich farblos oder nimmt doch nur einen sehr blassrothen Ton an. Von den Bestandtheilen der Nervenfasern hat die Nervenscheide keine Wirkung auf das Gold-

chlorid; dagegen färben sich rasch und stark der Axencylinder mit seinen Derivaten und die Markscheide, ersterer heller, carminroth, letztere dunkler, fast blauroth. Demgemäss stellt sich in Goldpräparaten die markhaltige, sogenannte doppelcontourirte Nervenfaser so dar, dass zu äusserst auf beiden Seiten die farblosen Contouren des Neurilemmas mit seinen Kernen erscheint, alsdann nach innen die tiefblaurothen Streifen der Markscheide, welche wie nach der Osmiumbehandlung nicht in den Formen der sogenannten Myelingerinnung, sondern als continuirliche Bänder sich präsentiren; und zu innerst im Centrum der carminrothe, übrigens ganz homogene Axencylinder; wo die Markscheide scharf und plötzlich endet, wie an den quergestreiften Muskelfasern, in der Randzone der Cornea, tritt auch in den Goldpräparaten diess Verhältniss mit der grössten Präcision hervor. Die marklosen Fasern erscheinen als mehr oder weniger schmale, rothe, homogene Linien, resp. noch umhüllt von dem ungefärbten Neurilemma; an sehr feinen Fasern sieht man, an sehr verschiedenen Orten, die bekannten Varicositäten, die auch ihrerseits roth gefärbt sind.

Auch das Gewebe der quergestreiften Muskelfasern hat gegen das Goldchlorid eine energisch reducirende Kraft, welche der des Nervengewebes nur wenig nachgibt. Von der Oberfläche, auf dem natürlichen Längsschnitte, gesehen, erscheint die Faser in toto roth, mit vollkommen intacter Querstreifung; der Querschnitt, wie man ihn am besten von dem gefrorenen Muskel erhält, wird gleichfalls vollständig roth, indessen sind es hier, im geraden Gegensatze zur Silberwirkung, gerade die Sarcous elements, welche nur schwach gefärbt werden, während die Netze der im frischen Zustande glänzenden Zwischensubstanz \*) eine tiefrothe Farbe annehmen. Immer übrigens reduciren die Nerven noch rascher, als die Muskelfasern; es ist daher in der Goldmethode noch ein recht brauchbarer Weg gegeben, die Nervenendigung in der Muskelfaser zur Anschauung zu bringen. Hat man die Goldlösung nicht zu lange auf die Muskelfaser einwirken lassen und wartet man insbesondere nicht zu lange mit der Untersuchung, so heben sich mit grosser Prägnanz von dem rosafarbenen Grunde der Muskelfaser die so charakteristischen Contouren der carminrothen Nerven-

\*) Vgl. dies. Arch. Bd. XXXIV. S. 606.

endigung ab; wenn ich aber an dieser Stelle hervorhebe, dass in den vergoldeten Froschmuskelfasern auch die Kühne'schen Endknospen eine gesättigt rothe Farbe annehmen, so geschieht diess mit Rücksicht darauf, dass dieses Verhalten in, wie mir scheint, ziemlich unzweideutiger Weise, gegen die Auffassung jener Körper als einfach kernartiger Bildungen spricht. Die glatten Muskelfasern werden durch Goldchlorid ebenfalls ziemlich rasch und intensiv gefärbt, von einer Kittsubstanz kommt nichts zum Vorschein.

In ausgesprochenstem Gegensatze zu den bisher betrachteten Geweben verhalten sich ganz indifferent gegen das Goldchlorid die Zellen der Epithelialhäute. Selbstverständlich, lässt man die Objecte stundenlang in der Goldlösung und vernachlässigt man weiterhin alle Vorsichtsmaassregeln, so tritt schliesslich, wie überall, auch an den Epithelzellen eine diffuse rothe Färbung auf; unter Beobachtung aber der oben betonten Cautelen bleiben dieselben vollständig ungefärbt. Contouren, Kern etc. sind übrigens sehr wohl erhalten, so dass sich die Epithelien in Goldpräparaten nur durch grössere Starrheit und eine gewisse Undurchsichtigkeit ihrer Substanz von frischen unterscheiden. Die Kittsubstanz, welche gegen Argentum nitr. so ausserordentlich empfindlich ist, reagirt auf Goldchlorid garnicht, und es sind sehr seltene Fälle, deren Bedingungen man nicht in der Hand hat, und wo im Uebrigen meistens die Goldwirkung missglückt ist, in denen zwischen den Epithelzellen hier und da blaue oder rothe oder grüne scharfe Linien hervortreten. In allen wohlgelungenen, sauberen Präparaten dagegen haben die Zellen, wie gesagt, ganz den Habitus, wie in Chromsäure- oder chromsauren Kali-Präparaten; und nur in mehrschichtigen Epithelialhäuten nimmt die unterste Zellenlage meistens einen rothen Farbenton an und nähert sich damit in ihrem Verhalten gegen Goldchlorid den Zellen von Protoplasmacharakter.

So wenig, als die Epithelialzellen, reduciren auch die Epidermis und die Horngelbilde das Goldsalz. Dagegen werden die Blutgefässe durch dasselbe roth; die Capillaren erscheinen als gleichmässig hellrothe Streifen, übrigens durch ihre ganze Configuration, die alternirenden Kerne, und, wo sie vorhanden sind, die übrigens ungefärbten, Blutkörperchen sehr leicht als Blutgefässe erkennbar; die grösseren Arterien und Venen geben ein schwer entwirrbares Bild, indem von gleichmässig hellrothem Grunde sich

noch diverse stärker gefärbte Zeichnungen abheben, zellige Elemente, die glatten Muskelfasern und endlich die langmaschigen Nervenetze, die in den letzten Jahren durch His, Lehmann u. A. mehrfach beschrieben sind.

Die interessantesten Bilder aber erhält man durch die Goldmethode vom Bindegewebe. Es sind hier, wie bereits oben angedeutet, die zelligen Elemente, welche gefärbt werden, während die Intercellularsubstanz in keiner Weise auf das Goldsalz reagirt: wieder ein Ergebniss, das im directesten Gegensatze zum Effecte des Arg. nitricum steht. Weiterhin macht es sich auch hier als eine recht dankenswerthe Eigenthümlichkeit unserer Methode gelten, dass, ausser der distincten Färbung keinerlei anderweite Veränderung in dem Habitus der Objecte bewirkt wird. Die Inter-cellularsubstanz in ihrer verschiedenen Anordnung bleibt durchaus wohl erhalten, und andererseits begegnen uns in den gefärbten zelligen Elementen all die mannigfachen Formen, wie sie nach ihrer Grösse und Gestalt, nach der Beschaffenheit des Protoplasma, nach dem Habitus des Kerns so vielfach unter einander abweichen. Hiernach lässt sich a priori ableiten, wie die einzelnen Typen des Bindegewebes sich durch die Goldbehandlung darstellen werden. Im Knorpel treten die Zellen mit der grössten Schärfe hervor aus den ganz ungefärbten Kapseln und der Zwischensubstanz, entweder in der ausgebreiteteren, die Höhle mehr oder weniger vollständig ausfüllenden Form mit grossen, klaren Kernen oder in der retrahirten Zackengestalt. Im Schleimgewebe, z. B. des Nabelstranges, sieht man das schönste rothe Netzwerk anastomosirender Zellen, umgeben von ganz ungefärbter Grundsubstanz. Nicht weniger elegant sind die Bilder der Cornea, wie wir sie alsbald noch detaillirter erörtern werden. Endlich im fibrillären, sehnigen und elastischen Gewebe sind immer wieder nur die zelligen Elemente roth gefärbt und darum ungemein leicht in's Auge fallend, die Bindegewebsfibrillen dagegen, die Sehnenbündel und die elastischen Fasern sind ganz unverändert, ohne jede Spur eines Farbentons \*).

\*) In seltenen Fällen geschieht es, dass durch Goldchlorid in der Cornea, ebenso in anderem Bindegewebe nicht die Zellen, sondern grade die Inter-cellularsubstanz sich färbt; die farblosen Lücken, welche dann in dem farbigen Grundgewebe bleiben, entsprechen, wie es scheint, genau den Zellcon-

Die Schilderung von dem Verhalten der einzelnen Gewebe gegen das Goldchlorid, wie ich sie auf den vorstehenden Seiten in kurzen Umrissen zu geben versucht habe, wird ohne Zweifel einem Jeden es nahegelegt haben, die in Rede stehende Methode für die Verfolgung des Nervenverlaufes zu verwerthen. In dem Organe z. B., von dem unsere Untersuchung ihren Ausgang nahm, der Hornhaut, gibt es, abgesehen von den nicht zu missdeutenden Blutgefässen, welche bei einigen Species noch auf den Rand der Cornea übertreten, nur drei Gewebe, das Epithel, das Bindegewebe mit der homogenen Grundsubstanz und den Hornhautkörperchen, und die Nerven; von diesen werden durch das Goldsalz allein gefärbt die Hornhautkörperchen und die Nerven, so dass, bei der vollkommenen Durchsichtigkeit der Grundsubstanz, kein Hinderniss vorhanden scheint, was sich der allseitigen Verfolgung der Nervenfasern entgegenstellte. Die Untersuchung, deren Ergebnisse in diesem Aufsätze mitgetheilt werden sollen, ist unter diesem Gesichtspunkte ausgeführt an den Hornhäuten kleiner Haussäugethiere, des Meerschweinchens und des Kaninchens, der Maus und Ratte, des Hundes und der Katze; bei allen diesen hat sich ein bis auf ganz unerhebliche Modificationen, identisches Verhalten des Nervenverlaufes herausgestellt, so dass es gerechtfertigt erscheint, das gewonnene Ergebniss als allgemeingültig für die Säugethiere anzusehen. Von den angeführten Arten eignet sich am vorzüglichsten für unsere Aufgabe das Meerschweinchen, bei welchem

turen, wenn sie, wie gewöhnlich, gefärbt sind. Die durch den hier berührten Modus der Wirkung entstehenden Bilder ähneln im Allgemeinen den Silberbildern, nur dass die Farbe der Grundsubstanz gewöhnlich eine blaue oder grüne, und die Zeichnungen nicht mit jener Schärfe hervortreten, welche den Silberbildern einen so ausgezeichneten Platz in der Histologie gewährt. Wann und unter welchen Bedingungen dieser silberartige Effect durch das Goldsalz erzeugt wird, das bin ich nicht im Stande gewesen, festzustellen; dass derselbe aber eintritt, das vermag man bereits während des Aufenthalts des Präparats in der Goldlösung mit Sicherheit vorauszuerkennen, wenn man einzelne, meist ganz scharf umschriebene Stellen des resp. Objects dunkler, nicht gelb, sondern graugrün werden sieht. Nach der Reduction erscheinen diese Abschnitte nicht roth und durchscheinend, sondern ganz undurchsichtig, ocker- oder rostfarben; bei der mikroskopischen Prüfung zeigt sich die Tinction der Intercellularsubstanz nicht als eine homogene, sondern als eine feinkörnige.

Thier die Vergoldung der Cornea eigentlich fast niemals versagt, und mit Rücksicht hierauf ist die folgende Darstellung nach der Hornhaut dieser Species entworfen. Einer weiteren Schilderung des eingeschlagenen Verfahrens bedarf es, nach der oben gegebenen detaillirten Auseinandersetzung, kaum noch. Nachdem ich, gewöhnlich durch Verbluten aus den durchschnittenen Halsgefässen, das Thier getödtet, wurde die Cornea mit einem ganz schmalen Scleroticalsaum herausgeschnitten und sogleich in die  $\frac{1}{2}$ prozentige, mit Essigsäure angesäuerte Goldlösung gebracht; nach Ablauf von einer, auch anderthalb Stunden, sobald die Farbe eine durch und durch gelbe geworden, wurde sie aus dem Goldchlorid entfernt und nun in der beschriebenen Weise in reinem und angesäuertem Wasser stehen gelassen. Am folgenden Tage ist der makroskopische Farbenton der Hornhaut rein grau oder mehr grauviolett, von der hinteren Fläche her erkennt man jetzt schon vom blossen Auge, sobald man die Cornea gegen das Licht hält, die größeren Nervenstämmen und ihre Verästelung als rothe oder blaurothe Linien im Gewebe verlaufend, und will man zuvörderst eine summarische Uebersicht haben über die Nervenverbreitung im Gröberen, so ist nichts besser zu empfehlen als in diesem Zeitpunkte die Hornhaut, die man zu diesem Behufe mehrfach von den Rändern her einschneidet, ganz direct unter das Mikroskop zu bringen und bei kleiner Vergrößerung zu durchmustern. Für die Erkenntniss des feinsten Details ist es dagegen selbstverständlich nöthig, feine horizontale und senkrechte Schnitte zu untersuchen, deren Anfertigung übrigens dadurch in hohem Grade erleichtert wird, dass die Cornea durch die Goldbehandlung eine Härte und Consistenz erlangt, ganz ähnlich wie nach der Erhärtung in Alkohol oder Chromsäuremischungen. Ehe ich aber zu dieser Untersuchung schritt, habe ich es zweckmässig gefunden, noch immer einige Zeit, etwa bis zum folgenden Tage vergehen zu lassen.

Alle Autoren, welche die Verbreitung der Nerven in der Cornea verfolgt haben, geben ganz gleichmässig an, dass von der Peripherie her eine bestimmte Anzahl von Stämmchen in dieselbe eintreten. In der That schwankt beim Meerschweinchen in den bei Weitem meisten Fällen die Zahl dieser Stämmchen nur zwischen fünfzehn und achtzehn; der Eintritt selbst geschieht an allen so ziemlich im gleichen Niveau, ein Wenig nach vorn von der Des-

cemet'schen Haut, theils in derselben Tiefe mit den Blutgefässschlingen, welche auf den peripherischen Saum der Hornhaut übertreten, theils, und zwar die Mehrzahl, hinter letzteren. Allerdings sind die Stämmchen nicht die einzigen Nerven, welche in die Cornea gelangen, vielmehr treten in Begleitung der Gefässe noch eine unbeständige Anzahl feiner Nerven hinein, deren weiterer Verlauf es indess wünschenswerth erscheinen lässt, dieselben erst weiter unten des Genaueren zu schildern. Die Hauptstämmchen selbst sind wechselnd an Breite; sie werden im Wesentlichen gebildet durch dunkelrandige, markhaltige Nervenfasern, deren man in je einem Stämmchen bald nur zwei, vielleicht selbst nur eine, bald bis vier und fünf zählt; in der Mehrzahl der Stämmchen aber bemerkt man auch von Anfang an einzelne marklose Fasern, welche entweder als gestreckte, geradlinige Fäden oder mehr gewunden verlaufen. Ausser markhaltigen und marklosen Fasern gibt es in den Stämmchen noch sehr zahlreiche Kerne, welche, da sie durch Chlorgold ganz ungefärbt bleiben, sehr lebhaft gegenüber den rothen Nervenfasern auffallen. Es sind diess längsovale, unregelmässig spindelförmige Bildungen mit sehr harten Contouren und granulirtem Inhalt, von relativ bedeutender Grösse, übrigens unter einander keine erheblichen Differenzen zeigend; sie sind alle der Art gelagert, dass ihre Längsaxe der Richtung der Nervenfasern entspricht, und zwar die meisten im Innern des Stämmchens, einzelne aber auch beiderseits nach aussen von demselben, und man überzeugt sich bei scharfer Einstellung leicht, dass letztere einem beiderseitigen, äusseren blassen Contour angehören, der in sehr geringer Distanz das Stämmchen begleitet. Fragt man nach der Bedeutung dieser Kerne, so drängt sich sofort einem Jeden die vollständige Uebereinstimmung derselben mit den gewöhnlichen Kernen des Neurilemma auf; und in Wirklichkeit kann es nicht wohl einem Zweifel unterliegen, dass die Stämmchen der Hornhautnerven Scheiden führen. Man wird hier aber zweierlei unterscheiden müssen, innere, den einzelnen Nervenfasern zugehörige, und eine äussere, welche das ganze Stämmchen umhüllt. Von letzterer kann man sich, wie oben angedeutet, eine volle und objective Ueberzeugung verschaffen, da es keinerlei Schwierigkeit leidet, den äusseren, kernführenden Contour als solchen von dem Grundgewebe der Hornhaut zu unterscheiden; das innere Neuri-

lemma der einzelnen Fasern wird man dagegen lediglich aus der Gegenwart der beschriebenen Kerne erschliessen müssen; denn in den Stämmchen selbst, wo markhaltige und marklose Fasern dicht gedrängt aneinander liegen, erscheint es unmöglich, in dieser Beziehung eine bestimmte Anschauung zu gewinnen, und auch dort, wo einzelne Fasern, von den Stämmchen oder ihren Hauptästen sich abzweigend, ganz isolirt weiter verlaufen, ist es in das Belieben des Beobachters gestellt, ob er die etwaige Scheide als eine Fortsetzung der inneren oder äusseren von den Stämmchen betrachten will. Immerhin wird der Unterschied zwischen innerer und äusserer Nervenscheide kein erheblicher sein, und es mag genügen, darauf hinzuweisen, dass sich an den Stämmchen der Hornhautnerven ein kernführendes Neurilemma mit voller Sicherheit nachweisen lässt.

Bekanntlich nehmen die Nervenstämmchen der Cornea alle dieselbe Richtung, einerseits nach innen gegen das Centrum, anderentheils nach vorn, gegen das vordere mehrschichtige Epithel zu. Dabei erfahren sie, ein Wenig früher oder später, gabelförmige, dichotomische Theilungen, so dass Zweige erster Ordnung entstehen, die ihrerseits wieder solche zweiter, dritter u. s. f. abgeben. Selbstverständlich nimmt die Dicke dieser Zweige successive und zwar rasch ab; dagegen bleibt die Richtung derselben Anfangs im Allgemeinen unverändert. Ebenso zunächst der Bau; auch die Zweige bestehen, gleich den Stämmchen, wesentlich aus dunkelrandigen Fasern, denen einzelne marklose beigemischt sind, und führen Kerne in grosser Zahl. Bald aber geschieht eine sehr wesentliche Aenderung im Charakter der Nerven Zweige, indem die Fasern ihre Markscheide verlieren. Wann diess geschieht, dafür lässt sich ein bestimmtes Gesetz nicht aufstellen. An einigen endet die Markscheide bereits in den Hauptstämmchen, bei anderen erst in den Aesten erster und zweiter Ordnung, ja selbst bis in die Aeste dritter Ordnung nehmen einzelne Fasern ihre Markscheide mit sich, um hier erst dieselbe einzubüssen; noch weiter erhält sie sich wohl niemals. An welcher Stelle aber auch immer das Aufhören der Markscheide geschieht, immer geschieht es in genau derselben Weise: ganz scharf setzt sie ab, so plötzlich, wie wir es an den motorischen Nervenfasern kennen, in dem Augenblicke, wo diese das Sarcolemma der Muskelfasern durchbohren. Dass



wirklich das Nervenmark an diesen Stellen sein Ende nimmt, davon kann man sich schon bei der Untersuchung der frischen Cornea auf's Unzweideutigste überzeugen, und die Abbildung, welche Kühne auf der Taf. IV. seiner Untersuchungen über das Protoplasma von der Froschcornea geliefert hat, würde in dieser Beziehung auch für das Meerschweinchen das Sachverhältniss vollkommen naturgetreu wiedergeben. Einen weiteren Beweis liefert ein einfacher Versuch mit Ueberosmiumsäure, und nicht minder sprechend sind die Goldbilder; ganz scharf schneiden in ihnen die dunkelblaurothen Contouren des Markes ab, welche man bis zu dieser Stelle continuirlich verfolgen konnte (vgl. Taf. XI. Fig. 1).

Was wird nun aus den Nerven, nachdem die Fasern ihre Markscheide verloren haben? Hinfort gibt es nur marklose Fasern in der Cornea; die weiter verlaufenden Zweige setzen sich zusammen und lassen sich auflösen in eine wechselnde Zahl von Fasern, die in der Mehrzahl ganz gestreckt, zum Theil auch etwas gewunden verlaufen, und von welchen einzelne bald die so charakteristischen, in der Nervenhistologie so viel beschriebenen Varicositäten zeigen. Die grössere Menge der Fasern ist von äusserster Feinheit, fast linienartig, so dass es nur mit starken Vergrösserungen gelingt, zwei Contouren wahrzunehmen; einzelne sind aber stets von grösserer Dicke, auch nehmen sie durch Goldchlorid eine gesättigte rothe Farbe an, so dass man in Versuchung gerathen könnte, hier noch die Anwesenheit einer schwachen Markscheide zu präsumiren, wenn man nicht bei der Rückwärtsverfolgung stets früher oder später auf die so scharf markirte Stelle käme, an der die unzweifelhafte Markscheide abschneidet. An diesen Bündeln markloser Fasern, als welche demnach die Nervenzweige fortan sich darstellen, ist es nicht mehr möglich, eine äussere Scheide zu constatiren. Wo letztere ihr Ende genommen, das kann ich mit Sicherheit nicht angeben; ganz allmählich entzieht sie sich dem Blicke, der äussere, ursprünglich kernführende Contour wird blasser und blasser, und endlich grenzen die Nervenfasern unmittelbar an die Grundsubstanz der Hornhaut. Dass das Verhalten der Nervenfasern zum Hornhautgewebe in der That kein anderes ist, davon kann man sich oft mit grösster Evidenz an den Theilungsstellen der Nervenäste überzeugen; denn nicht selten geschieht es hier, dass eine oder mehrere distincte Fasern von dem

Hauptstämmchen sich ablösen, so dass ein nervenfreier, zuweilen recht beträchtlicher Raum zwischen diesem und der abgezweigten Faser bleibt, um erst nach kürzerem oder längerem Verlaufe einem der durch die Theilung entstandenen Aeste sich wieder anzulegen (vgl. Taf. XI. Fig. 1 bei a): aber auch hier, wo doch ein Neurilemmacontour mit vollkommener Schärfe sich markiren müsste, sieht man die einzelnen Fasern durch nichts von der Hornhautsubstanz getrennt. Zweifelhaft muss ich dagegen es lassen, ob nicht das innere Neurilemma sich auch fernerhin erhält; dafür möchten die längsovalen, granulirten Kerne sprechen, welche sehr zahlreich auch noch in diesen Nervenzweigen vorhanden sind. Allerdings weiss ich sehr wohl, dass die Gegenwart von Kernen, zumal an marklosen Fasern, noch kein sicherer Beweis ist für die Existenz einer Scheide; indess, um im vorliegenden Falle den Kernen eine andere integrireendere Bedeutung zu vindiciren, dazu ist einerseits, wie mir scheint, ihre Vertheilung eine zu unregelmässige, andererseits gleichen sie zu vollständig den Kernen in den Hauptstämmen markhaltiger Fasern in der Randzone der Hornhaut, wo man sie doch schwerlich anders wird auffassen wollen, als es oben geschehen.

Was aber an diesen Nervenzweigen am meisten auffällt, ist die grosse Zahl der constituirenden Fasern. Die Genauigkeit der Zählung der letzteren wird freilich dadurch in hohem Grade erschwert, selbst unmöglich gemacht, dass nicht bloss wie erwähnt, einzelne Fasern in Windungen verlaufen, sondern auch von den gestreckten nicht wenige einander durchfilzen und von ihrer ursprünglichen Richtung abweichend, durchkreuzen. Mit Leichtigkeit aber gelingt es in vielen Nervenästen an 20, 30, selbst noch mehr gesonderte Fasern zu zählen, und überall erhellt ohne Weiteres, dass die Menge der marklosen Fasern in den Zweigen die der markhaltigen in den Stämmen um ein Vielfaches übertrifft. Hieraus folgt zusammengehalten mit der Thatsache, dass mit den markhaltigen Fasern nur sparsame marklose in den Stämmen die Hornhaut betreten, der unabweisliche Schluss, dass jeder Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser in der Cornea sich in eine mehr oder weniger grosse Zahl feinsten Fasern spaltet. Leider gestatten die Verhältnisse es nicht, diesen bemerkenswerthen Vorgang in allen Details zu beobachten;

wie oben bemerkt, verlieren die dunkelrandigen Fasern ihr Mark nicht in gleicher Höhe, und immer sind alsdann denselben schon marklose Fasern beigemischt, welche jedes bestimmte Urtheil beeinträchtigen; ein solcher Fall aber, der die vollste Entscheidung ermöglichen würde, dass einmal eine markhaltige Faser ganz allein vom Hauptstamme sich abzweigte, um weiterhin in marklose Fasern sich umzuwandeln, ist unter den Hunderten von Hornhäuten, die ich durchmustert habe, mir niemals vorgekommen. Immerhin gibt es, wie mir scheint, nur zwei Möglichkeiten: entweder der Axencylinder löst sich in dem Augenblicke, wo die Markscheide endet, sogleich in die respective Zahl feinsten Fasern auf, oder es geschieht diess successive, durch fortschreitende Spaltung der ursprünglich einfachen Faser. Dass der erstere Modus wirklich vorkommt, kann ich nicht geradezu in Abrede stellen, wenngleich ich niemals in unzweideutiger Weise ihn beobachtet habe. Der zweite Modus existirt aber jedenfalls; denn sehr oft und ohne Mühe kann man constatiren, dass eine marklose, bisher einfache Faser sich in zwei spaltet, die alsdann gesondert weiter verlaufen, auch wohl sich wieder theilen u. s. f., und zwar geschieht das schon in den Hauptstämmchen, häufiger aber natürlich noch in den Aesten 2., 3. etc. Ordnung.

Indem wir jetzt die Nerven in ihrem weiteren Verlaufe nach vorn verfolgen, mag es gestattet sein, alle die Fasern gänzlich zu vernachlässigen, welche schon in den hinteren Schichten der Hornhaut von den Nervenstämmen und Aesten sich abzweigen. Es sind deren sehr viele; schon dicht in der Nähe des Eintritts, noch mehr aber von den Aesten der 2., 3. Ordnung u. s. f., treten unter mehr oder weniger spitzem, selbst einem Rechten sich annähernden Winkel in grosser Zahl einzelne feine marklose Fasern ab, die entweder einfach weiter verlaufen oder aber sich früher oder später dichotomisch in zwei gleichfalls feine, marklose, zuweilen weit nebeneinander herlaufende Fasern theilen. Die Länge all dieser Fasern kann sehr beträchtlich sein, so dass sie durch mehrere Gesichtsfelder einer mittleren Vergrösserung sich verfolgen lassen; ihre Richtung ist so vollkommen gestreckt, als wären sie mit einer Reissfeder gezogen, und allen gemeinsam scheint es zu sein, dass sie in derselben Horizontalebene, parallel der Hornhautfläche, sich halten, in welcher sie von den Nervenzweigen ent-

springen. Dabei kommen vielfache Anastomosen, gewöhnlich unter vollkommen rechtem Winkel, zwischen analogen Fasern benachbarter Aeste, die in derselben Höhe sich abgezweigt hatten, zu Stande; auch gibt es zwischen den feinen, gestreckten Fasern der verschiedenen Ebenen kürzere Verbindungsfasern, die perpendicular zur Fläche der Cornea die Substanz derselben durchsetzen und gleichfalls unter rechtem Winkel auf die langen Horizontalfasern stossen; manche endlich lassen sich nicht bis zur Verschmelzung mit anderen verfolgen, und jedenfalls ist die ganze Anordnung dieser Fasern eine so eigenthümliche und von der hier uns beschäftigenden Aufgabe unabhängige, dass ihre Verfolgung einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben muss. — Die Nervenäste dagegen, welche wir bisher als Bündel markloser Fasern bis in die vorderen Lagen der Hornhaut begleitet haben, erfahren jetzt Theilungen unter weniger spitzem Winkel, als weiter hinten, und dadurch wird bewirkt, dass die Theiläste benachbarter Nerven mit einander in Berührung treten. Es entstehen so die vielbeschriebenen sogenannten Nervenetze der Cornea, deren es bekanntlich mehrere, in der Richtung von hinten nach vorn auf einander folgende Lagen gibt. Von den Autoren werden dieselben als echte Netze beschrieben, entstanden durch wirkliche Verschmelzung der constituirenden Zweige, und erst Hoyer spricht es für die dickeren Maschenäste als eine Thatsache, für die feineren als eine Möglichkeit aus, dass auch sie aus mehreren feinsten Fasern sich zusammensetzen; erst die Zweige der vordersten Netze sollen auch nach ihm einfach sein. In Wirklichkeit haben die Angaben Hoyer's eine weit ausgedehntere Gültigkeit, als er selbst es meinte; sämmtliche Zweige dieser, übrigens relativ weitmaschigen Nervenetze sind nichts als Bündel markloser Fasern, die im Bau und Einrichtung ganz mit den weiter hinten belegenen Aesten übereinstimmen. Dem entsprechend lässt sich nirgend mit voller Sicherheit eine echte Anastomose zweier oder mehrerer Nervenfasern constatiren; in den Ecken und Knotenpunkten der Maschen geschieht keine Verschmelzung, sondern nur Aneinanderlagerung von Nervenfasern, wir haben somit hier keine Netze, sondern lediglich Geflechte vor uns. Die Zweige dieser Plexus unterscheiden sich, wie gesagt, abgesehen von der, je weiter nach vorn, immer mehr abnehmenden Dicke, in nichts von den früheren Ner-

venästen; von einer äusseren Scheide ist nichts zu sehen, von den marklosen Fasern in ihnen sind die Mehrzahl äusserst schmal, zum Theil gestreckt, zum Theil varicös, einzelne zeichnen sich aber auch noch hier durch ein stärkeres Caliber aus; endlich stösst man noch, gerade wie vorher, auf Kerne im Inneren der Zweige, indess ist deren Zahl doch eine sparsame geworden. Ausserdem aber gibt es an manchen Knotenpunkten der Maschen noch Kerne, welche in ihrem Habitus von den übrigen sich nicht unerheblich unterscheiden. Denn während letztere längsoval oder spindelförmig und granulirt sind, sind jene unregelmässig rundlich, der Kugelform sich annähernd, und glatt und klar, mit nur wenig Körnchen im Innern; nicht selten liegen in den betreffenden Knotenpunkten, zwei, selbst drei solcher Kerne neben einander, indem sie dann gegenseitig sich abplatten. Diese Differenz im optischen Verhalten der beiden Arten von Kernen ist unleugbar und kann in keiner Weise in Abrede gestellt werden: ist aber ein solcher Unterschied genügend, um desshalb den Kernen der Knotenpunkte einen anderen Charakter, etwa als gangliöser Elemente, beizulegen? Ich glaube, nicht. Wir kennen bis jetzt sehr wenig die Bedingungen, welche der äusseren Gestalt der Kerne zu Grunde liegen; ich erinnere nur an die so verschiedenen Formen, in denen die Kerne z. B. der Hornhautkörperchen oder der Descemet'schen Epithelzellen uns entgegentreten, bald elliptisch, bald geknickt, bald bisquitförmig oder in anderer Weise verzerrt: sollte es nicht auch für die Gestalt der Kerne der Hornhautnerven von Bedeutung sein, ob sie zwischen den dichtgedrängten, langgestreckten Nervenfasern gelegen sind, oder an einem Knotenpunkte, wo durch das Auseinanderweichen der Fasern ausreichender Raum zur Ausdehnung geboten ist? Vielleicht aber ist auch die äussere Gestalt nicht ohne Einfluss auf das optische Verhalten in Bezug auf Klarheit oder körnige Beschaffenheit des Inhalts und der Oberfläche. Was mich aber mehr, als dieses Raisonnement, bestimmt, den Kernen einen gangliösen Charakter abzusprechen, sind zwei Umstände. Für einmal finden sich diese Kerne nicht an allen, nicht einmal an der Mehrzahl der Knotenpunkte, für's Zweite aber fehlt vor Allem an ihnen jede Spur eines gangliösen Protoplasma's. Wie oben auseinandergesetzt, wird das Protoplasma der Ganglienzellen durch Goldchlorid roth gefärbt; in den Hornhautpräparaten

aber liegen die ungefärbten Kerne der Knotenpunkte ganz nackt zwischen den auseinandergewichenen Nervenfasern, ohne dass irgend welche rothe, körnige Substanz zwischen dieselben sich einschiebt.

Das letzte vorderste dieser Geflechte ist diejenige Nervenaußbreitung, welche seit der Untersuchung von His und Späteren als das Nervenendnetz der Cornea angesehen wird. Die dasselbe constituirenden Zweige unterscheiden sich, abgesehen von der im Allgemeinen geringeren Dicke, in Nichts von denen der weiter hinten belegenen Plexus, es sind Bündel markloser Fasern. Wenn wir sonach genöthigt sind, dieser Nervenlage den Charakter eines wirklichen Netzes abzusprechen, so ist es noch viel weniger gestattet, dasselbe als terminales anzuerkennen. Schon Saemisch waren hier Nervenfasern bekannt, die er nicht bis zur Verbindung mit anderen verfolgen konnte; vollends aber hat Hoyer aus dem scheinbaren Netze Nerven nach vorn, gegen das mehrschichtige Epithel zu, heraustreten und bis an die hintere Grenze des letzteren gelangen sehen. In der That kann, mit gewissen Modificationen, Nichts richtiger sein, als diess. Wenn man einen ganz schmalen peripherischen Grenzsaum und andererseits das innerste Centrum der Hornhaut ausser Acht lässt, so sieht man in der ganzen Ausdehnung derselben in ziemlich regelmässigen Abständen von dem vordersten Geflechte Nervenäste sich abzweigen, welche in einer zur Hornhautebne senkrechten oder mehr schrägen Richtung nach vorn zum Epithel sich begeben. In ihrer Länge zeigen diese Aeste einige, wenngleich nur unbedeutende Differenzen, ganz in Uebereinstimmung damit, dass die Maschen des vordersten Plexus, wie bekannt, nicht genau in derselben Ebene liegen: in ihrem Bau gleichen sie durchaus den Zweigen des letzten Geflechts selber, es sind Bündel markloser Fasern, übrigens ohne Kerne und dabei von wechselnder Dicke, je nachdem weniger oder mehr Fasern in ihnen vereinigt sind; man kann deren in einigen kaum drei, in anderen bis acht und mehr zählen. Alle diese Zweige dringen, wie diess Hoyer ganz richtig beschreibt, vor bis dicht unter das vordere Epithel, um hier, wie scharf abgeschnitten, scheinbar plötzlich zu enden; und in der That würde es ein vergebliches Bemühen sein, dieselben in der von ihnen innegehabten Richtung noch weiter, ins Epithel hinein, verfolgen zu

wollen. Indessen musste sich mir von dem Augenblicke an, wo ich diese Zweige als Bündel markloser Fasern erkannt hatte, die Ueberzeugung aufdrängen, dass noch eine weitere Nervenverbreitung von ihnen ausgehe, und mit Hilfe der angewendeten Goldmethode ist mir, wie ich glaube, die Ermittlung derselben gelungen.

Die scheinbar plötzliche Endigung der eben beschriebenen Nervenzweige geschieht nämlich nicht im Epithel selbst, sondern hinter demselben, in jener vielbesprochenen Schicht, welche man seit lange als die Bowman'sche zu bezeichnen pflegt, und für welche J. Arnold den jedenfalls minst präjudicirlichen Namen der „subepithelialen“ vorgeschlagen hat. Ich beabsichtige an dieser Stelle nicht, auf eine Discussion der in Betreff dieser Schicht vorgebrachten controversen Ansichten einzugehen; ich darf davon um so eher Abstand nehmen, als es bei den Species, von deren Cornea die gegenwärtige Darstellung entworfen ist, beim Meerschweinchen, eine eigne Bowman'sche Membran mit besonderem chemischen und morphologischen Character, die man etwa der Descemet'schen Membran gleichstellen könnte, einfach nicht gibt. Die Grundsubstanz der Hornhaut reicht hier unmittelbar bis ans Epithel, nur die Hornhautkörperchen bleiben, wenigstens mit ihren eigentlichen Zellkörpern, in einer kleinen Distanz von der Basis des letzteren, sonst aber ist irgend eine Trennung hier nicht möglich. Je mehr aber dem entsprechend diese Lage an Selbständigkeit einbüsst, ein desto grösseres Interesse gewinnt sie für uns dadurch, dass sie der Sitz einer überaus dichten und reichen Nervenaustrittung ist. Für das Studium dieser merkwürdigen Verhältnisse verfährt man am besten in der Art, dass man mittelst feiner, aber möglichst ausgiebiger Flachschnitte das vordere Epithel mitsammt der unmittelbar daran stossenden Schicht des eigentlichen Hornhautgewebes abträgt und die Segmente so unter das Mikroskop bringt, dass das Epithel nach unten, gegen den Tisch, die Hornhautsubstanz nach oben, gegen den Tubus, gewendet ist; sollte der Schnitt ein wenig zu tief geführt sein, so dass mehr von dem Cornealgewebe, als blos die subepitheliale Schicht abgetragen ist, so beeinträchtigt diess, bei der Durchsichtigkeit der Hornhautsubstanz, die Klarheit der Bilder nicht erheblich; jedenfalls schadet es weniger, als die zu oberflächliche

Schnittführung. Stellt man jetzt den Tubus scharf auf das Stratum subepitheliale ein, so sieht man alsbald das Gesichtsfeld durchzogen von einer ungemein grossen Zahl rother oder blauer Linien, die vielfach durch lange Strecken dahinflaufen und so dicht und mannigfaltig erscheinen, dass sie dem Beobachter anfangs den Eindruck einer ganz regellosen und unentwirrbaren Anordnung machen. Für die Orientirung empfiehlt es sich hier, wie bereits oben angedeutet, an der Hornhaut drei Zonen zu unterscheiden, eine periphere Randzone von nur ungefähr der doppelten Breite, als die Länge der auf den Rand der Cornea übertretenden Blutgefässschlingen beträgt; eine innerste, centrale, welche eine Scheibe von kaum 1 Mm. Durchmesser darstellt und endlich als mittlere ringförmige Zone den ganzen noch übrigen Abschnitt der Hornhaut. Fassen wir zunächst diese mittlere Ringzone ins Auge, welche mithin den bei Weitem grössten Theil, wenigstens drei Viertel der Cornea ausmacht, so bemerkt man sofort, dass nicht alle Linien in derselben von gleicher Dicke sind; die grösste Mehrzahl ist äusserst schmal, dazwischen aber markiren sich einzelne stärkere recht lebhaft. Weiterhin aber fällt an ihnen auf, dass nur wenige und nur von den allerfeinsten grade gestreckt und vollkommen continuirlich verlaufen; die bei Weitem meisten, insbesondere alle dickeren Linien, zeigen vielmehr in ganz regelmässigen Abständen rosenkranzförmige Anschwellungen, Varicositäten. Die Richtung aller dieser Linien ist eine im Wesentlichen übereinstimmende, nämlich radiäre, von der Peripherie gegen das Centrum ziehende; die längeren Linien verlaufen alle in dieser Weise, nur die kürzeren weichen vielfach davon ab, indem sie schräg oder fast transversal als Verbindungsglieder zwischen benachbarten Längslinien sich erstrecken. Grade aber diese radiäre Richtung der meisten Linien ist so prägnant, dass man anfangs ganz unwillkürlich den Eindruck empfängt, als habe man hier nichts als fortlaufende Epithelcontouren vor sich; denn wer wüsste es nicht, wie z. B. in den Silberbildern der Epithelmembranen, wenn zufällig diverse Glieder in den Netzen der Kittsubstanz ausgefallen sind, andere dagegen mit desto stärkerer Färbung sich geltend machen, gar nicht selten der täuschende Anblick zusammenhängender Linien entsteht? Indessen, an den Goldbildern ist ein solcher Irrthum unmöglich; hier wird Nichts von einer epithe-



lialen Kittsubstanz gefärbt; vielmehr sieht man hier die hinterste Epithelschicht als eine ungefärbte Mosaik mit grosser Klarheit und Schärfe, und es bedarf nur geringer Aufmerksamkeit, um sich zu überzeugen, dass die rothen und blauen Linien mit den Contouren der Epithelzellen nichts gemein haben (vgl. Fig. 4 Taf. XI.) Einer eingehenden Prüfung gelingt es denn auch weiterhin, das anscheinend regellose Bild in ein vollkommen gesetzmässiges Liniensystem aufzulösen.

Ueber den zahllosen Linien nämlich, welche dichtgedrängt das subepitheliale Stratum durchziehen, wird von Strecke zu Strecke das Auge gefesselt durch Gruppen von Linien, welche gegeneinander convergiren und schliesslich sich vereinigen; oder umgekehrt ausgedrückt, die von einem bestimmten, gemeinsamen Ausgangspunkte divergiren. Die Vertheilung dieser Gruppen in der mittleren Hornhautzone ist der Art, dass dieselben mehrere, von aussen nach innen auf einander folgende Kränze bilden; in dem am meisten peripherisch gelegenen Kranze ist die Zahl der Gruppen, entsprechend dem grösseren Umfange desselben, die grösste, je mehr nach innen, desto kleiner wird sie. Sämmtlichen Gruppen, für welche ich in einer, denselben Gegenstand betreffenden kurzen Mittheilung\*) die Bezeichnung von „Büscheln“ vorgeschlagen habe, die man aber vielleicht noch passender als „Fächer“ benennen könnte, diesen sämmtlichen Büscheln oder Fächern, sage ich, ist es gemeinsam, dass ihr Scheitel der Peripherie, ihre Basis oder Ausstrahlung dem Centrum der Cornea zugewendet ist. Im Uebrigen aber zeigen sie unter einander mannigfache Verschiedenheiten. In der Zahl der constituirenden Linien sind die Schwankungen recht bedeutend, es gibt deren, in welchen man kaum 3—5, und andere, wo man 8—10, selbst mehr noch zählen kann. Ferner sind nicht alle Linien in ihnen gleich dick, vielmehr enthält jeder Büschel einzelne dickere und markirtere Linien zwischen zahlreicheren feinen. Endlich ist die Divergenz der Linien in den einzelnen Büscheln keine gleiche, sondern es gilt hier das allgemeine Gesetz, dass in der peripherischen die Divergenz eine geringere, in der centralen dagegen stärkere ist; wenigstens insofern, dass in den peripherischen Büscheln die resp. Linien von dem Scheitelpunkte aus erst eine

\*) Med. Centralbl., 1866, No. 26.

längere Strecke nahezu parallel neben einander herlaufen, bevor sie divergiren, während in den centralen dieselben sogleich auseinanderweichen. In den Abbildungen Fig. 4 u. 5 Taf. XI., die getreu nach der Natur wiedergegeben sind, treten diese Verhältnisse, wie ich denke, in anschaulicher Weise hervor; Fig. 4 stellt Büschel aus dem peripherischen Theil der mittleren Zone, Fig. 5 solche aus dem inneren dar.

Um diese Büschel gruppiren sich nun alle übrigen Linien der genannten Zone in übersichtlicher Weise. Es sind sämmtlich lediglich Fäden, welche die Linien der Büschel unter und mit einander verbinden. Und zwar als echte wirkliche Anastomosen; hier sieht man nichts mehr von Aneinanderlagerung und demnächstiger Trennung zweier Fasern, sondern ganz rein und unzweifelhaft tritt hier von einer bisher einfachen Faser ein Faden ab, um zu einer benachbarten sich zu begeben, mit der er verschmilzt, ohne dass dieselbe damit aufhörte, selbst eine einfache Faser zu sein; hier kann also nicht mehr von Geflecht die Rede sein, sondern was hier vorliegt, ist ein wahres Netz. Solche Verbindungs- oder Netzfäden gibt es nun eine sehr grosse Zahl, sowohl zwischen den Linien eines und desselben Büschels als auch zwischen denen benachbarter. Die meisten dieser Fäden zählen zu den allerfeinsten, indess stösst man auch unter ihnen auf vereinzelte, stärkere; viele sind varikös, viele grade gestreckt, viele in leichten Schlängelungen und Biegungen verlaufend; die Länge der einzelnen Fäden ist begreiflicherweise eine höchst ungleiche, und nicht minder wechselnd ist ihre Richtung; viele auch von ihnen sind radiär gestellt, nur mehr oder weniger nach der rechten oder linken Seite abgebogen, und von hier gibt es alle möglichen Uebergänge bis zur vollständigen transversalen Richtung, parallel der Hornhautperipherie. Ich kann in dieser Beziehung nur wieder auf die citirten Abbildungen verweisen, welche den Sachverhalt bequemer demonstriren werden, als jede Beschreibung es vermag. An ihnen sieht man auch sofort, wie die Ausstrahlungen der Büschel ganz continuirlich in dieses Netz anastomosirender Fäden sich verlieren, ohne dass man mit irgend welcher Sicherheit angeben könnte, wo zwischen beiden die Grenze sei; es ist durchaus in Jedermanns Willkür gestellt, ob er in den betreffenden Regionen die einzelnen Linien

noch zu den Büscheln, — oder ob er sie zu den Verbindungsfasern zählen will.

Anders, als in dieser mittleren Zone, ist das Verhalten der Linien im Centrum der Hornhaut. Hier sieht man nichts, was man den Büscheln an die Seite stellen könnte, es gibt keinerlei bestimmte Gruppierung, von der aus man sich zurechtfinden könnte. Vielmehr macht sich der radiäre Character der Linien noch in viel ausgesprochenerem Maasse geltend, von allen Seiten her schiessen sie gegen das Centrum zusammen, um hier ununterbrochen in einander überzugehen und zu verschmelzen. Sehr dicht stehen die einzelnen Linien, kaum durch die Breite von 1—2—3 Epithelzellen von einander getrennt; zwischen den benachbarten erstrecken sich gleichfalls zahlreiche, schräge oder quere Verbindungsfäden, die im Allgemeinen nur eine geringe Länge haben. Man kann demnach die ganze Anordnung als ein Netzwerk mit zwar dichten, aber überwiegend langen Maschen bezeichnen, oder, wie ich es a. a. O. gethan habe, als ein „Gitter“, in welchem die Radiärfasern den senkrechten, die Verbindungsfasern den queren Stäben entsprechen würden. Im Allgemeinen sind alle Linien dieses Gitters von gleicher, und zwar sehr grosser Feinheit, und kaum hier und da fällt eine dickere Linie dem Beobachter auf; Varicositäten führen die meisten. Nach aussen hin endlich geht das Gitter ganz continuirlich und ohne distincte Grenze in das System der benachbarten Büschel mit ihren Ausstrahlungen und Verbindungsfäden über. Auch für diese Verhältnisse glaube ich mich im Uebrigen auf die Fig. 6 Taf. XII. berufen zu dürfen, welche eine getreue Copie derselben darstellt. Von Kernen nimmt man in dieser ganzen fächer- und gitterförmigen Nervenausbreitung nichts mehr wahr.

Wennschon aber in der vorstehenden Auseinandersetzung eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Vertheilung der Linien der subepithelialen Schicht sich hat nachweisen lassen, so würde doch schwerlich die Darstellung jener complicirten Verhältnisse irgend Jemand befriedigen können, wenn nicht eine einfache und unzweifelhafte Thatsache mit einem Schlage Licht in dieselben brächte. Diese Thatsache ist die, dass die Scheitel der Büschel nichts Anderes sind, als die Stellen, an welche die aus dem letzten Plexus aufsteigenden Nerven das Stratum subepitheliale er-

reichen. Nichts kann sicherer sein, als diess; bei der entsprechenden Veränderung der mikroskopischen Einstellung kann man immer auf das Allerunzweideutigste den Zusammenhang des Büschels mit und den Uebergang seines Scheitels in dieses Nervenstämmchen beobachten, und die Abbildungen Fig. 3, 4 u. 5 Taf. XI., auf denen dieser Uebergang wiedergegeben ist, sind in keiner Weise schematisch gehalten, sondern entsprechen vollkommen dem natürlichen Verhalten. Somit gewinnt jetzt die ganze Anordnung eine leicht verständliche Einfachheit. Die letzten Nervenzweige, wie eben gezeigt, Bündel markloser Fasern, lösen sich, im Stratum subepitheliale angelangt, unter einer plötzlichen, mehr oder weniger spitzwinkligen Umbiegung, in Büschel oder Fächer feiner, zum grössten Theil varicöser Fasern auf, welche in jenem Stratum selber verlaufen, parallel der Hornhautoberfläche. Die Fasern der Fächer aber geben nach allen Seiten zahlreiche Fäden ab und auf diese Weise entsteht jenes Fächer- und Anastomosensystem in der mittleren Zone und endlich das dichte und zierliche Nervengitter in dem Centrum der Hornhaut, deren Details ich auf den vorhergehenden Seiten eingehend zu schildern versucht habe.

Dass in der That dieses ganze subepitheliale Linien- und Fasersystem nervöser Natur ist, darüber kann selbstverständlich eine abweichende Meinung nicht existiren. Das Verhalten der Fasern gegen Goldchlorid, ihr so charakteristischer Verlauf, insbesondere mit den Varicositäten, und vor Allem der Zusammenhang mit den Nervenstämmen des Hornhautgewebes, beseitigen auch die letzte Spur eines Zweifels. Liegt nun aber wirklich in dieser Nervenausbreitung das letzte Ende der Hornhautnerven vor uns? Es würde dann gegenüber unseren bisherigen Kenntnissen durch die vorliegende Untersuchung hauptsächlich nur der Nachweis hinzugekommen sein, dass die Nerven, statt in ein weitmaschiges und relativ tief im Hornhautgewebe belegenes Geflecht auslaufen in ein unendlich dichtereres und reicheres Netz, das unmittelbar an die hintere Fläche des Epithels stösst; immerhin aber wären wir wieder auf ein Netz gestossen, das wir doch nur mit einer gewissen *Reservatio mentalis* acceptiren würden. Und doch könnte es fast scheinen, als ob diess uns bevorstände! Denn wenn man an dem, wie oben angegeben, gelagerten Präparat (das Epithel gegen den Tisch, die Cornealschicht gegen den

Tubus des Mikroskops gewendet) durch Veränderung der Einstellung Fäden aufsuchen will, welche von der Subepithelialausbreitung aus nach vorn in das Epithel hineindringen, so ist das ein ganz erfolgloses Bemühen. Anfangs, sobald der Tubus gesenkt wird, entschwinden sogleich die Fasern des Subepithelialstratum, man sieht dann nur Epithelcontouren und zwischen denen wohl vielerlei dunkle Punkte, aber Nichts, was man mit Sicherheit als nervöser Natur ansprechen könnte; weiterhin kommt man auf neue Lagen von Epithelzellen, auch sie ohne distincte Nervenfasern, und endlich, bevor man noch bis zu den glatten Zellen der vordersten Lagen vorgedrungen ist, hindert der geringe Grad von Durchsichtigkeit, welchen in den Goldpräparaten die matten Epithellagen haben, jede weitere Einsicht, man sieht dann überhaupt nichts mehr. Um so überraschender ist aber unter diesen Umständen das Bild, welches man erhält, sobald das Präparat umgedreht wird, so dass das vorderste Epithel dem Tubus, das Hornhautgewebe dem Tische zugekehrt ist. Jetzt liegt zu oberst die Lage der grossen und breiten, glatten Zellen, die ganz ungefärbt und sowohl in ihren äusseren Contouren, als auch den Kernen in der wünschenswerthesten Deutlichkeit sich dem Blicke darbieten. Von diesem Hintergrunde aber heben sich mit der grössten Schärfe kurze, rothe oder blaue Linien ab, die in grosser Zahl und sehr mannigfacher Richtung über die Fläche zerstreut sind. So vielfache Ungleichheiten dieselben nun auch unter einander zeigen mögen, so lassen sich doch zwei bestimmte Typen aufstellen, unter die alle zu bringen sind. Den einen einfacheren Typus bilden feine leicht geschlängelte Fäden, deren Länge kaum die Breite einer platten Epithelzelle erreicht, selten dieselbe übertrifft, welche hie und da noch eine oder ein Paar Varicositäten zeigen, alle aber an einem der beiden Enden in eine kleine knopfförmige Anschwellung auslaufen, während das andere Ende einfach wie abgeschnitten aufhört. Der zweite, complicirtere Typus besteht aus längeren Fäden, die ihrerseits unter rechtem Winkel noch secundäre, selbst noch tertiäre Fäserchen abgeben; die Hauptfäden und ihre Seitenäste sind von durchgehends gleicher Feinheit und auch an ihnen trifft man nicht selten auf Varicositäten; was aber interessanter ist, das ist die That-  
sache, dass sowohl die Hauptfäden, als auch alle Seitenäste,

durchaus übereinstimmend mit dem einfacheren Typus, kleine knopfförmige Endanschwellungen zeigen, und nur das eine Ende des Hauptfadens ohne eine solche abschneidet. Sehr überwiegend sind alle diese Fäden von grösster, kaum messbarer Feinheit; indess sind darunter doch immer auch vereinzelte dickere, die dem entsprechend auch eine dickere knopfförmige Anschwellung besitzen. Die Lage der Fäden zu einander ist keine constante; doch sind sie sehr dicht gestellt, häufig berühren und kreuzen benachbarte Fäden, besonders die Seitenäste der Fäden vom zweiten Typus einander, und im Allgemeinen kann man sagen, dass über je zwei Epithelzellen mindestens ein Abschnitt eines Fadens hinweggeht. Senkt man aber den Tubus des Mikroskops ein wenig, so tauchen, während die eben beschriebenen Fäden undeutlich werden, mehrere neue aus der Tiefe auf, die jenen im Uebrigen ganz gleichen, sowohl vom einfachen, als vom complicirten Typus, sämmtlich an einem Ende mit knopfförmigen Anschwellungen versehen. Was endlich die letzteren betrifft, welche ich hinfort als „Endknöpfchen“ bezeichnen möchte, so sind sie von ungefähr derselben Grösse, wie die Varicositäten im Verlaufe der Fasern; durch Gold werden sie gleichmässig roth oder blau gefärbt, man erkennt an ihnen keinerlei weitere Structur. (Vgl. Fig. 7 Taf. XII.)

An den Gedanken, dass diese sonderbaren Bildungen wirklich das letzte Ende der Hornhautnerven darstellen sollten, habe ich mich anfangs nur mit Widerstreben gewöhnen können, und auch heute würde ich es nicht wagen, sie dafür auszugeben, wenn ich nicht die zwingendsten Beweise dafür beibringen könnte. Zwar der Umstand, dass mit keiner anderen Methode, als durch die Imbibition mit Chlorgold etwas von denselben wahrzunehmen ist, schien mir in keiner Weise gegen ihre nervöse Natur zu sprechen; denn grade von ihnen gilt noch in höherem Grade, als von dem subepithelialen System, Alles das, was in der Einleitung dieses Aufsatzes über die Hindernisse gesagt worden ist, welche der Verfolgung feinsten blasser Nervenfasern entgegenstehen. Vielmehr konnte grade das Verhalten der Fäden gegen Goldchlorid mich nur für ihren nervösen Charakter stimmen, besonders im Verein mit der eigenthümlichen, hie und da durch Varicositäten unterbrochenen Configuration und Verlaufe, der mit etwaigen Epi-

thelcontouren in keiner Weise verwechselt werden konnte. Indessen, so mancherlei hiernach die nervöse Natur dieser horizontalen oberflächlichen Fäden wahrscheinlich machte, so bedurfte es vor Allem doch, um diesen Schluss mit Sicherheit ziehen zu können, des Nachweises des Zusammenhangs mit unzweifelhaften Nervenfasern, d. i. also zunächst mit dem subepithelialen System. Oben aber ist hervorgehoben worden, wie bei der Untersuchung eines Flächenschnitts, dessen Epithel nach unten gelagert ist, die Undurchsichtigkeit des letzteren in den Goldpräparaten die Erkenntniss des Nervenverlaufes verhindert; dasselbe geschieht zunächst, wenn das Präparat umgekehrt, das Epithel gegen die Linse, gelagert wird. Mit der tieferen Einstellung des Tubus tauchen, wie bereits erwähnt, anfangs noch den obersten analoge einfache oder verzweigte Fäden auf, alsdann aber verschwinden diese, man sieht jetzt zunächst nur Epithelcontouren mit etlichen dunklen Punkten dazwischen, und endlich, bevor man noch die untersten (hintersten) Epithellagen erreicht, verwandelt sich Alles in ein trübes und undurchsichtiges Grau, in welchem man nichts mehr unterscheiden kann. Für die Beseitigung dieses störenden Uebelstandes war es daher durchaus nöthig, zuvörderst das Epithel durchsichtig zu machen und das gelingt in sehr vollkommener Weise in den Goldpräparaten durch Glycerin. Man braucht einem im Wasser befindlichen Goldpräparate nur vom Rande des Deckgläschens her einen Tropfen Glycerin zuzusetzen, so wird es in kurzer Frist, höchstens nach einigen Stunden, so durchsichtig wie Glas. Und jetzt gelingt es mit der grössten Sicherheit und Leichtigkeit, einen jeden der horizontalen, oberflächlichen Fäden zu verfolgen bis zur Einmündung in irgend eine Faser des subepithelialen Systems. An den oberflächlichen Fäden ist es immer dasjenige Ende, das ich in der obigen Beschreibung als das scharf abgeschnittene bezeichnete, welches in jenes System einmündet; in letzterem sind es nicht besonders charakterisirte Fasern, welche mit den oberflächlichen im Zusammenhang stehen; vielmehr gehen letztere über sowohl in Fasern der Nervenfächer, als auch der Anastomosen, als auch endlich des centralen Gitters, und nur das eine lässt sich noch aussagen, dass nemlich die dickeren oberflächlichen Fäden auch mit dickeren Fasern des Subepithelialstratum verschmelzen. So sicher diese Thatsachen

sind, so steht ihrer vollständigen Beweiskraft doch der Umstand hinderlich entgegen, dass durch Glycerin das ganze Epithel so durchsichtig gemacht wird, dass es sehr schwer, zuweilen selbst unmöglich ist, Niveauunterschiede nachzuweisen, und ein Skeptiker könnte desshalb vielleicht den geschilderten Zusammenhang als lediglich scheinbar anfechten. Hier aber geben, in ergänzender Weise, senkrechte Schnitte durch die Cornea die definitive Entscheidung. Von der vergoldeten Hornhaut selbst noch kleinerer Thiere, als des Meerschweinchens, leidet es keinerlei Schwierigkeit, feine Verticalschnitte anzufertigen, besonders wenn dieselbe zuvor in Paraffin oder dgl. eingeschmolzen worden; und das Einzige, worauf man Acht haben muss, ist, die Schnitte in radiärer Richtung zu legen, entsprechend der Hauptrichtung der Nervenfasern des Subepithelialstratum. An diesen Verticalschnitten sieht man das Hornhautgewebe durchzogen von mannigfachen Bruchstücken des Nervenplexus; man sieht wohl in der Mehrzahl der Schnitte ein oder das andere Nervenstämmchen aus dem letzten Plexus heraus nach vorn in die Subepithelialschicht treten; in dieser, dicht unter dem Epithel und parallel dem unteren Rande desselben aber zieht sich eine oder an etwas dickeren Schnitten auch mehrere lange Horizontalfasern hin, die man, wenn der Schnitt glücklich gefallen ist, direct aus dem aufsteigenden letzten Nervenstämmchen kann umbiegen sehen. Alsdann folgt nach vorn mit scharfer Grenze das vordere Epithel. Die Anordnung des letzteren darf ich als hinreichend bekannt voraussetzen und mich daher auf wenige Bemerkungen beschränken. Die Zahl der Zellenlagen in diesem Epithel ist nicht in allen Species der Säugethiere dieselbe und jedenfalls schwer zu bestimmen, da das Ineinandergreifen der Zellen in den verschiedenen Lagen die Zählung unsicher macht; leicht zählt der Eine sechs Lagen, wo ein Anderer deren sieben findet. Letzteres ist die Zahl, die, wie ich finde, für das Meerschweinchen, Kaninchen und Andere am besten zutrifft. Wichtiger aber ist jedenfalls die Differenz in dem Charakter der einzelnen Zellen in den verschiedenen Lagen; am weitesten nach hinten, unmittelbar vor der Hornhautsubstanz, befindet sich eine Lage cylindrischer Zellen, auf diese folgen nach vorn ein paar Lagen, in denen die Epithelzellen Kugelform annehmen, und endlich ganz vorn sind mehrere



Lagen ganz platter; der Uebergang ist ein successiver und ganz allmählicher. Von allen diesen Lagen besitzen nur die Cylinderzellen reducirende Eigenschaft gegen das Goldchlorid; sie werden, freilich gleichfalls nur hellroth, während alle vorderen Zellenlagen keine Spur eines Farbentons annehmen. Wie sehr aber durch diess Verhalten die Verfolgung von Nervenfasern im Epithel erleichtert wird, das bedarf nicht erst besonderer Erwähnung. In der That sieht man in einem Verticalschnitte einer vergoldeten Hornhaut in grosser Zahl feine, dunkle, verticale Linien von hinten, von der Basis des Epithels her, bis nach vorn zu den platten Epithelien aufsteigen. Die meisten dieser Linien sind äusserst fein, drehrund, einzelne ein wenig dicker, noch andere varicös; die Mehrzahl ferner steigen ganz einfach und ungetheilt durch, einige indess theilen sich zwischen den tieferen Epithellagen, so dass dann statt eines zwei Fäden neben einander in paralleler Richtung nach vorn verlaufen; die Vertheilung dieser Fasern im Epithel ist keine ganz gleichartige, vielmehr stehen häufig 4, 6 Fäden und mehr dicht neben einander, nur durch die Breite je einer Cylinderzelle getrennt, und dann folgen wohl 4—6 Cylinderzellen, zwischen denen man gar keine Nervenfaser bemerkt. Die Richtung derselben ist, um diess wichtige Factum noch einmal zu betonen, vollkommen parallel dem Längsdurchmesser der Cylinderzellen, mithin senkrecht zur Ebne der Hornhaut selbst; nach hinten reichen alle bis zur Grenze des Cornealgewebes und sehr oft sieht man in den Verticalschnitten sie in unzweifelhaftem Zusammenhange mit den Fasern des subepithelialen Stratum, nach vorn gehen sie bis gegen die vorderste Zellenlage, um hier unter rechtem Winkel umzubiegen in kürzere oder längere Horizontalfasern, die nichts Anderes sind, als jene oberflächlichen Fäden, welche oben nach ihrem einfacheren oder zusammengesetzteren Typus detaillirt geschildert wurden (vgl. Fig. 8 Taf. XII.). Somit wäre also der directe Zusammenhang nachgewiesen zwischen den subepithelialen und den oberflächlichen Fasern; es kann hinfort kein Zweifel darüber sein, dass letztere wirklich nervöser Natur, wirklich die Enden der Hornhautnerven darstellen; und es begreift sich aus der eigenthümlichen Stellung der verticalen Verbindungsfasern zwischen subepithelialen und oberflächlichen Nervenfasern ohne Weiteres, warum bei der Betrachtung der Flächenschnitte eine

veränderte Einstellung des Tubus zwischen den hinteren Epithelagen zwar mancherlei dunkle Punkte erkennen liess, indess keinerlei Anhaltspunkte bot für die sichere Verfolgung der Nervenfasern in diesen Schichten.

Wenn sonach der nervöse Charakter jener „Endfäden“ ausser Zweifel gestellt ist, so entsteht jetzt die zweite Frage, wo liegen diese horizontalen Endfäden? Diese Frage mit voller Sicherheit zu beantworten, hat, wie ich sogleich zeigen werde, nicht geringe Schwierigkeit; immerhin aber kann man natürlich nur darüber streiten, ob dieselben zwischen den vordersten Lagen platter Epithelzellen gebettet sind oder vor ihnen, ganz unbedeckt und nackt an der vorderen Fläche der ganzen Hornhaut. Als ich meine bereits oben citirte vorläufige Mittheilung über die Hornhautnerven niederschrieb, hielt ich den letzteren Modus als den allein zutreffenden; seitdem aber habe ich mich überzeugt, dass Beides der Fall ist. Auf dem Flachschnitt, bei der Ansicht en face, ist es bei der ungemeinen Dünne und Durchsichtigkeit der vordersten Epithelien, begreiflicherweise äusserst prekär, zu einer definitiven Entscheidung darüber zu gelangen, ob die dunklen blauen Fäden über oder unter den Zellen gelagert sind; und auf der anderen Seite leuchtet ein, dass auf den Verticalschnitten zwar positive Bilder entscheidend, negative dagegen ganz werthlos sind. Wenn ich nichts destoweniger in dieser Frage ein bestimmtes Urtheil glaube abgeben zu dürfen, so veranlassen mich dazu folgende Punkte: In den Flächenbildern (mit Lagerung der platten Epithelien gegen die Linse, der Cylinderzellen gegen den Tisch) erhält man bei starken Vergrösserungen constant und vollkommen unzweifelhaft den Eindruck, dass beim successiven Senken des Tubus zuerst die Endfäden scharf hervortreten und erst hernach die platten Epithelien in scharfen Contouren; wie alsdann, bei fortgesetztem Senken des Tubus, erst die oberflächlichsten Endfäden, dann die vorderste Lage der Epithelzellen verschwinden und statt ihrer neue, den oberflächlichsten gleichartige Horizontalfäden erscheinen, das ist bereits oben geschildert worden. Dem entsprechend sieht man auf den Verticalschnitten Horizontalfasern von den senkrechten abbiegen und sich verbreiten zwischen den vordersten Schichten der platten Epithelien, zwischen der ersten und zweiten, der zweiten und dritten, selbst

noch der dritten und vierten, von der freien Oberfläche her gezählt; mithin kann darüber ein Zweifel nicht bestehen, dass etliche horizontale Endfäden zwischen den vordersten Epithellagen gebettet sind. Aber ebenso unzweifelhaft sieht man auch nicht wenige der verticalen Fäden durchtreten bis an die äusserste Oberfläche; und wenschon hier am vordersten Rande selber die Mehrzahl scharf abgeschnitten zu enden scheint, so erhält man doch auch, unter einer grösseren Zahl von Schnitten, sicher ein oder das andere Mal das Bild einer ganz vorn, über der letzten Epithellage verlaufenden, der letzteren aufliegenden Horizontalfaser. Dazu kommt noch Eines. Die oberflächlichsten Horizontalfasern haben, von der Fläche gesehen, sehr oft eine so regellose Lagerung und Anordnung, wie wir es bei keiner anderen histologischen Bildung kennen; an vielen Stellen erscheinen die Fäden wie auf einen Haufen zusammengedrängt, an anderen einander vielfältig durchschneidend und verflechtend. So seltsam nun ein solches Verhalten sein würde, wenn wir hier Bildungen vor uns hätten, die in ganz constanter und fixirter Weise zwischen den Schichten der Epithelien gelagert wären, so leicht erklärt es sich bei Fäden, welche frei beweglich auf der vorderen Fläche des Epithels sich verbreiten. Die zarten Endfäden, welche im natürlichen Zustande in der capillaren Flüssigkeitsschicht flottiren, welche bekanntlich jederzeit die Hornhaut überzieht, werden, sobald dieselbe in die Goldlösung gebracht wird, einfach mechanisch auf die vorderste Epithellage niedergeschlagen und hier so zu sagen festgeklebt, und nichts ist natürlicher, als dass hierbei jede regelmässige Anordnung der Fäden verloren geht. Alles diess zusammengehalten, glaube ich demnach meine Meinung, wie geschehen, dahin formuliren zu können, dass die verticalen Nervenfasern des Hornhautepithels in den vordersten Regionen unter rechtem Winkel umbiegen in einfachere oder complicirtere Horizontalfasern, welche theils zwischen den vordersten Epithelschichten, theils vor denselben, in der capillaren praecornealen Flüssigkeitsschicht, verlaufen und frei mit knopfförmigen Anschwellungen endigen. Ich will dabei nur noch bemerken, dass es mir öfters geschienen hat, als wenn auch von den tiefer gelegenen Horizontalfäden einige schliesslich noch mit kurzer Umbiegung an die vorderste Oberfläche selbst hervortreten, resp. kurze Seitenästchen

herausschieben, so dass auch sie wenigstens mit den Endknöpfchen in die capillare Flüssigkeitsschicht eintauchen.

Nachdem wir so den Verlauf und die Endigung der Nerven in der mittleren und centralen Zone der Hornhaut kennen gelernt haben, erübrigt es noch, auch die Randzone in dieser Hinsicht einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. In dieser unterscheidet der Nervenverlauf sich nicht unerheblich von dem in den übrigen Theilen der Cornea; indess kehren die Grundzüge auch hier wieder, so dass das Verständniss keine weitere Schwierigkeit macht, sobald man eine klare Einsicht in die Innervation der letzteren gewonnen hat. Oben ist erwähnt worden, dass ausser den grossen Hauptstämmen der Nerven vom Rande der Hornhaut her, mit den Blutgefässen eine inconstante, aber relativ grosse Zahl feiner Nerven in dieselbe eintritt; diese eben sind es, durch welche ganz überwiegend die Randzone versorgt wird. Es sind diess feine Stämmchen markloser Fasern, zwischen denen nur ganz vereinzelt eine markhaltige vorkommen kann, übrigens mit Kernen ziemlich reichlich versehen; ihre Richtung ist zunächst, übereinstimmend mit den grossen Hauptstämmen, nach innen, gegen das Centrum der Cornea, aber sie laufen zugleich von Anfang an in viel stärkerem Maasse als diese ziemlich steil nach vorn, gegen das vordere Epithel zu. Durch vielfache Theilung und Aneinanderlagerung der Aeste entstehen denn auch hier mehrfache Lagen von Plexus, die auch einige Zweige von den Geflechten der Hauptstämme her erhalten. Mit den letzteren stimmen sie im Uebrigen in ihrem Habitus überein, abgesehen davon, dass ihre Maschen enger und besonders ihre constituirenden Zweige viel dünner und feiner sind; ja, es kommt hier selbst vor, dass ganz vereinzelte Fasern von einem Knotenpunkte der Plexus zum anderen hinüberlaufen. Aus diesen Geflechten steigen nun auch hier letzte Nervenäste, resp. einzelne Fasern nach vorn in das Stratum subepitheliale, um hier zum bei Weitem grössten Theil, unter einer plötzlichen Umbiegung, in Horizontalfasern überzugehen. Während aber in der mittleren Zone der Hornhaut dieser Uebergang geschieht durch die Auflösung in die obengeschilderten Nervenbüschel, durch welche die subepitheliale Nervenausbreitung dort einen so typischen und charakteristischen Charakter gewinnt, ist von solcher Regelmässigkeit in der Rand-

zone Nichts zu sehen. Vielmehr strahlen die letzten Nerven, sobald sie jenes Stratum erreicht, nach allen Richtungen auseinander, und auch die einzelnen Fasern, die dorthin vorgedrungen, biegen, in ganz unbestimmter Weise, bald nach dieser, bald nach jener Richtung um; der endliche Effect ist aber wieder ganz analog der mittleren Zone; die horizontalen Fasern des Subepithelialstratum treten in vielfältige innige Verbindung mit einander, und es entsteht ein echtes Netz anastomosirender, mark- und kernloser, vielfach variöser Nervenfasern. Immerhin würde, da die letzten Zweige, aus denen diess Netz sich entwickelt, nur sehr dünn sind und immer nur Bündel weniger Fasern darstellen, dasselbe an Reichhaltigkeit und Dichtigkeit seiner Maschen gar sehr hinter dem der centralen und mittleren Zonen zurückstehen, wenn nicht grade von letzterer her zahlreiche Verbindungsfasern in dasselbe überträten; es sind diess Fasern, die aus dem äussersten Ringe der Büschel selbst und der Anastomosen sich abzweigen und statt gegen das Centrum, gegen die Peripherie gerichtet sind. Aus dem auf diese Weise verstärkten subepithelialen Netzwerk gehen nun schliesslich Endfäden hervor, die in keiner Weise von den Endfäden in den übrigen Theilen der Hornhaut differiren; in rein verticaler Richtung steigen sie auf, zwischen den hinteren Epithellagen hindurch, um alsdann in Horizontalfasern umzubiegen, die theils zwischen, theils vor den vordersten Schichten der Plattenepithelien verlaufen und sämmtlich mit knopfförmigen Anschwellungen frei endigen; der Habitus und die Anordnung der oberflächlichen Horizontalfasern ist ganz, wie sie oben geschildert worden. Ob aber in der Randzone nicht auch einzelne Fasern aus den Plexus heraus direct nach vorn zum Epithel sich begeben und ohne erst in das horizontale, subepitheliale Netzwerk überzugehen, direct zu Endfäden sich gestalten, das muss ich dahingestellt sein lassen. Zuweilen hat es mir so geschienen, obwohl ich für diess Factum nicht mit voller Sicherheit einstehen kann; viele sind es auf keinen Fall.

Hiermit glaube ich die Schilderung von dem Verlaufe der Hornhautnerven des Meerschweinchens abschliessen zu dürfen. In der ganzen Darstellung wird der Leser, so hoffe ich, keinen Sprung und nichts Zweifelhaftes bemerkt haben. Schritt für Schritt sind wir vorwärts gegangen; wir haben die Nerven be-

gleitet von den eintretenden Stämmen an durch die Plexus hindurch und deren letzte Zweige zu der subepithelialen Ausbreitung und von hier endlich bis zu den Endfäden; nirgend haben wir unterlassen, die zwingenden Beweise dafür beizubringen, dass das, was wir beobachtet, auch wirklich nervöse Bildungen waren. Zugleich scheint mir damit die Aufgabe, welche wir im Eingange dieser Arbeit uns gestellt haben, die Ermittlung der sensibeln Nerven der Hornhaut, endgültig erledigt zu sein. Denn ich wüsste einestheils nicht, welche andere uns bekannte, physiologische Function man Nerven beilegen wollte, deren letzte Ausläufer in und vor das Epithel vordringen und mit keiner Zelle oder keinem anderen Gewebselemente in continuirliche und unmittelbare Verbindung treten. Auf der anderen Seite ist durch unsere Nerven auf das Vollständigste jenem Postulate genügt, das wir an die Spitze der ganzen Untersuchung gestellt haben, dem Postulate der oberflächlichen Ausbreitung und Endigung der sensibeln Fasern. Und endlich betone ich auf das Nachdrücklichste die freie, nackte Endigung unserer Fasern, welche, so unverständlich dieselbe für motorische, secretorische, überhaupt excentrisch wirkende Nerven sein würde, ebenso bereitwillig von Jedermann für sensible wird acceptirt werden. Soweit demnach überhaupt histologischer Seits der Nachweis sensibler Nervenfasern kann geführt werden, soweit glaube ich denselben im Vorstehenden geliefert zu haben.

Oben ist betont worden, dass der Verlauf und die Ausbreitung der Hornhautnerven bei einer Anzahl von kleineren Säugethierspecies nur in unerheblichen Punkten von dem Verhalten des Meerschweinchens abweiche. In der That habe ich freilich nur eine geringe Auswahl von Arten in dieser Hinsicht untersucht, und kann daher auch nur für diese sichere Angaben beibringen, indess sind doch die betreffenden Species unter einander verschieden genug, um weitergehende Schlüsse zu gestatten. Soweit die Nerven als Stämme und Geflechte im eigentlichen Cornealgewebe verlaufen, habe ich bemerkenswerthe Differenzen bei verschiedenen Arten überhaupt nicht wahrgenommen; der geschilderte Modus kehrt überall in ganz gleichartiger Weise wieder, er lässt sich nur vielleicht bei dem einen Thier bequemer verfol-

gen, als bei dem anderen, und möchte ich hiefür die Untersuchung beim Kaninchen noch vor der beim Meerschweinchen bevorzugen. Die Abweichungen beginnen erst im Stratum subepitheliale. Hier nemlich treten schon beim Kaninchen die Radiärfasern gegenüber den transversalen merklich in den Vordergrund; die Büschel divergiren weniger und erst nach längerem, fast parallelem Verlauf ihrer Fasern, und besonders in den Anastomosen systemen sind die Transversalfasern schwächer und sparsamer, so dass der längsmaschige Charakter der Netze markirter hervortritt. Noch mehr ist diess der Fall beim Hund und der Katze, am auffallendsten aber bei der Ratte und Maus. Bei den letzteren Thieren erscheint das Subepithelialstratum bei der Flächenansicht durchzogen von überaus zahlreichen und dicht stehenden, langen varicösen Fasern, die radienartig fast ganz gestreckt oder höchstens leicht geschlängelt und geknickt von der Peripherie gegen das Centrum einstrahlen, und die Transversalfasern werden dadurch so zurückgedrängt, dass es fast besonderer Mühe bedarf, sie aufzufinden; was aber jedenfalls das wichtigste ist in dieser ganzen subepithelialen Nervenausbreitung und das maassgebende Princip, die Entwicklung derselben aus nach vorn aufsteigenden letzten Stämmchen, das ist auch hier mit grösster Sicherheit nachzuweisen; von Strecke zu Strecke sieht man je eine Anzahl der Fasern zusammenschiessen und zu einem gemeinschaftlichen Scheitel sich vereinigen, der eben der Endpunkt des resp. letzten Stämmchens ist. Im Bau und der Anordnung der Endfäden endlich bin ich bei keiner Species auf nennenswerthe Abweichungen gestossen, indess kann ich grade hiefür nur immer wieder die Hornhaut des Meerschweinchens zur Untersuchung empfehlen, in welcher die Bilder mit der grössten Sicherheit und fast unfehlbarer Constanz sich gewinnen lassen.

Wenn ich mich demnach für berechtigt halten darf, den geschilderten Modus als den für die Hornhaut der Säugethiere wohl allgemein gültigen anzusehen, so ist es, glaube ich, gestattet, noch einen Schritt weiter zu gehen. Denn auch beim Frosch gibt es in der Cornea eine Nervenausbreitung, welche man der der Säugethiere gleichstellen kann; freilich mit so erheblichen Modificationen, dass man sehr fehl gehen würde, wenn man den Säugethiermodus direct auf den Frosch übertragen

wollte. Ich will hier nicht auf jenes überaus reiche und schöne System von Nervenfasern in den verschiedenen Lagen des eigentlichen Cornealgewebes eingehen, dessen Kenntniss wir den Untersuchungen W. Kühne's verdanken, und welches der Froschhornhaut ein so charakteristisches und specifisches Gepräge verleiht; ich gedenke hierauf bei einer anderen Gelegenheit des Genaueren zurückzukommen und wünsche an dieser Stelle mich lediglich auf die Schilderung derjenigen Nerven zu beschränken, die ich als die sensibeln betrachte. Abgesehen von den weitmaschigen Geflechten der groben Nervenstämmen gibt es, trotz der Schilderung von Saemisch und Anderen, in der Hornhaut des Frosches nichts, was den mehrfachen Lagen über einander geschichteter Plexus in den vorderen Lagen der Säugethierhornhaut entspräche. Und zwar mit gutem Grunde. Denn während, wie wir gesehen haben, in dieser die Plexus die Matrix bilden für die subepitheliale Nervenausbreitung, entwickelt sich beim Frosche die letztere aus Stämmchen eines anderen Ursprungs. In der ganzen Ausdehnung der Hornhaut zweigen sich nemlich, wie diess Hoyer vollkommen naturgetreu beschrieben, schon von den gröberen, weiter hinten belegenen Nervenstämmen besondere Zweige ab, welche ganz steil und direct, in ganz oder nahezu verticaler Richtung bis unter das vordere Epithel emporsteigen. Es sind diess Bündel markloser Fasern, nur selten Kerne führend; die Fasern selbst übrigens erheblich dicker, als diejenigen in den Geflechtsästen der Säugethiere; die Länge dieser Stämmchen ist unter einander, je nachdem sie mehr in den peripherischen oder den centralen Regionen der Cornea entspringen, begreiflicher Weise verschieden genug, immer sind sie aber beträchtlich länger, als die entsprechenden Aeste in der Säugethierhornhaut. Ihre Vertheilung über die Cornea, ja selbst ihre Zahl ist keine constante, man findet sie, wie gesagt, in allen Zonen derselben. Aus diesen Stämmchen geht nun ein Netz horizontaler Fasern im Subepithelialstratum unmittelbar hervor, das mithin der subepithelialen Nervenausbreitung in der Säugethierhornhaut gleichwerthig ist. Aber während diese durch die Büschel und Fächer einen so typischen Habitus gewinnt, ist beim Frosche von einer so constanten und regelmässigen Anordnung nicht die Rede, vielmehr hat das subepitheliale Nervenetz des letzteren lediglich einige



Äehnlichkeit mit der Randzone bei den Säugern. Es strahlen nelmlich die Stämmchen, sobald sie unter dem Epithel angelangt, nach allen Richtungen hin aus, so dass das Bild 5-, 6- und mehrstrahliger Sterne entsteht, je nach der Zahl der Fasern, die in einem Stämmchen vereinigt waren. Indem nun die Zweige benachbarter Nerven überall mit einander zusammenfliessen und ausserdem zahlreichere kürzere, seitliche und quere Verbindungsfasern gegen einander aussenden, entsteht ein echtes Netzwerk, dessen Maschen im Vergleich zu den Säugethieren weit, übrigens nach keinem durchgreifenden Princip angeordnet sind; man kann nur im Allgemeinen sagen, dass sie radiär gestellt sind. Die Fasern des Netzes sind mark- und kernlos, an Dicke werden sie nur von den stärkeren Fasern des Subepithelialplexus der Säugethiere erreicht. In Fig. 9 Taf. XII. ist ein Theil dieses Netzes aus der mittleren Corneazone wiedergegeben. Unmittelbar vor diesem Netze befindet sich das vordere mehrschichtige Epithel der Hornhaut, ohne dass auch hier irgend eine trennbare Bowman'sche Membran zwischen dasselbe und das Cornealgewebe sich einschöbe. Auch beim Frosch ist diess Epithel der Sitz von Endfäden, welche aus dem subepithelialen Netze hervortreten, indess in ihrem Verlaufe von denen der Säugethiere ganz wesentlich abweichen. Denn die Endfäden steigen zwar, ganz wie bei letzteren, zunächst in verticaler Richtung zwischen den cylindrischen und kugligen Epithellagen auf, dann aber in den vorderen Schichten angelangt, biegen sie lediglich in Horizontalfäden um, welche zwischen den platten Epithelien sich erstrecken, und kein einziger Faden tritt hinaus vor die vorderste Epithellage, in die präcorneale Flüssigkeit. Es erscheint mir diese Differenz von den Säugethierfäden bemerkenswerth genug, wenn man damit zusammenhält, dass der Frosch häufig genug, ja eigentlich ganz constant seine präcorneale Flüssigkeit mit anderen Medien vermischt, deren Berührung, nach Allem, was wir sonst von den Nerven kennen, für die Endfäden von verderblicher Wirkung sein würde. Fernere Untersuchungen von Hornhäuten von im Wasser lebenden Thieren müssen zeigen, ob hier in Wirklichkeit, wie ich vermuthe, ein durchgreifender und wohlbegründeter Unterschied vorliegt.

Berlin, im October 1866.

## N a c h t r a g.

Was auf den vorstehenden Seiten in extenso auseinandergesetzt worden, habe ich der Hauptsache nach bereits in einer vorläufigen Mittheilung kurz zusammengefasst, welche, vom 29. Mai datirt, in der am 9. Juni 1866 ausgegebenen No. 26. des Centralblattes für die medic. Wissenschaften abgedruckt ist. In dieser wird der Leser erstens die Methode, sodann die Darlegung meiner neuen Anschauungen über die sogenannten Netze der Hornhautnerven, ferner die Beschreibung der letzten, bis zum Epithel aufsteigenden Stämmchen, des subepithelialen Plexus und endlich der Endfäden selbst finden, und die einzige erheblichere Modification, welche meine Ansichten seitdem durch fortgesetzte Untersuchungen erfahren haben, besteht, wie ich diess oben angegeben, darin, dass ich die finalen Horizontalfäden kennen gelernt habe, welche zwischen den vordersten Plattenepithellagen verlaufen. Von diesen hier beigebrachten Thatsachen ist eine, nämlich das Aufsteigen letzter Stämmchen zur Basis des Epithels unabhängig von mir und gleichzeitig durch Herrn Hoyer aufgefunden, ja, wie ich gern zugestehe, vor meiner vorläufigen Mittheilung publicirt worden, die eben dadurch erst veranlasst worden ist; in den jüngsten Tagen aber habe ich auch das Vergnügen gehabt, schon eine Bestätigung meiner übrigen Angaben in meine Hände zu bekommen. Veranlasst durch die Mittheilungen von Hoyer und mir und mit Zuhülfenahme der von mir angegebenen Methode, hat Hr. Kölliker eine Untersuchung der Hornhautnerven unternommen, und mit jener Schnelligkeit, der schon frühere Histologen die gebührende Anerkennung nicht versagt haben, in wenig mehr als zwei Wochen über zahlreiche Säugethiere, den Menschen und den Frosch ausgedehnt, so dass er bereits am 30. Juni die Ergebnisse seiner Untersuchung der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg vorlegen konnte. In diesem Vortrag, der im 6. Bande der Würzb. naturwiss. Zeitschrift abgedruckt ist, erklärt Hr. Kölliker das Chlorgold als „ein unschätzbares Mittel zur Verfolgung feinsten Nervenenden“; er acceptirt ferner fast ganz meine Auffassung der Plexus in der Hornhautsubstanz, er bestätigt endlich die letzten zum Epithel aufsteigenden Stämmchen, das aus diesen sich entwickelnde subepitheliale Netz und die Endfäden. Unter dieser

Umständen darf ich vielleicht hoffen, durch die folgenden Bemerkungen auch in denjenigen Punkten eine Uebereinstimmung zwischen uns herbeizuführen, in denen des Herrn Verfassers Angaben von den meinigen abweichen.

Denn im Wesentlichen reduciren sich unsere Differenzen auf zwei Dinge. Für einmal verlegt Köl liker das subepitheliale Netz — denn so und nicht als Plexus wird man mit exacter Terminologie es bezeichnen müssen — an die Aussenfläche der Lamina elastica anterior, zwischen diese und die Epithelzellen, während nach meiner Angabe dasselbe in der Subepithelialschicht selber belegen ist. Nun, sobald man, wie ich es oben gethan und wie es jeder unbefangene Beobachter beim Meerschweinchen, Kaninchen etc. thun muss, die Existenz einer chemisch und morphologisch differenzirten vorderen (Bowman'schen) Lamelle in Abrede stellt, scheint mir dem ganzen Streite die Spitze abgebrochen. Das Hornhautgewebe reicht einerseits bis unmittelbar an das vordere, sogenannte Conjunctivalepithel, andererseits befindet sich das subepitheliale Netz gleichfalls dicht unter dem Epithel: hiesse es da nicht haarspalten, wenn man bei Bildungen von so minimaler Dicke, wie die einzelnen Fasern des genannten Netzes, darüber discutiren wollte, ob sie oben auf der Oberfläche der Hornhautsubstanz oder in Furchen derselben eingebettet verlaufen! Jedenfalls müsste die Frage so gestellt werden, ob das subepitheliale Nervennetz in näheren Beziehungen zum Hornhautgewebe oder zum Epithel steht. Solch eine Frage aber halte ich in Wirklichkeit für ganz unstatthaft; denn im natürlichen Zustande bildet das subepitheliale Netz eben die verbindende Brücke von den Plexus des Hornhautgewebes zu den Endfäden des Epithels, und seine Beziehungen sind daher ebenso innig zu jenen, als zu diesen. Will man aber durchaus auf künstlichem Wege Epithel- und Cornealgewebe von einander trennen, so spricht auch diess für meine Auffassung. In den Goldpräparaten haftet das Epithel sehr fest an der Hornhautsubstanz, so dass die genaue Trennung beider auf mechanischem Wege eigentlich garnicht, auf chemischem sehr selten gelingt; zuweilen aber hebt sich an vergoldeten Hornhäuten, wenn man sie längere Zeit in starker Essigsäure liegen lässt, das Epithel in kleineren oder grösseren Abschnitten blasenförmig von dem Cornealgewebe ab, und an den so gewonnenen Objecten bleibt

das Subepithelialnetz stets in Verbindung mit letzterem. Natürlich gilt Alles, was ich so eben angeführt habe, nur für die Hornhäute derjenigen Species, denen eine distincte vordere elastische Lamelle fehlt, und kann nicht ohne Weiteres auf die Species mit letzterer übertragen werden; indess alle in der obigen Darstellung citirten Arten, deren Cornea ich untersucht habe, entbehren der Elastica, und da wird man sich wohl darauf beschränken müssen, jenes Nervennetz mit einem ganz indifferenten Terminus einfach als in der subepithelialen Schicht belegen, zu bezeichnen.

Der zweite Punkt, in welchem Kölliker von mir abweicht, ist der, dass er die horizontalen Endfäden lediglich zwischen den äussersten Lagen platter Zellen verlaufen und nicht auch vor dieselben, in die präcorneale Flüssigkeit hat heraustreten sehen. Inzwischen wird Hr. Kölliker aus dieser meiner ausführlichen Darstellung gewiss mit Befriedigung erfahren haben, dass ich die interepithelialen Horizontalfäden gleich ihm anerkenne; ich hatte dieselben, ich weiss nicht aus welchem Grunde, Anfangs übersehen, kannte sie indess schon in dem Augenblicke, als meine vorläufige Mittheilung im Druck erschien. Um so mehr aber muss ich auch jetzt noch an dem zweiten Modus der präcornealen Lagerung für die Säugethiere festhalten. Ich kann in dieser Beziehung lediglich auf die Erörterungen zurückverweisen, welche ich oben im Texte an diesen Punkt geknüpft habe; die für den von mir behaupteten Modus beigebrachten Momente erscheinen mir so lange wenigstens beweiskräftig genug, bis nicht ein wirklich stereoskopisch construirtes Mikroskop allen unseren Zweifeln in diesen und ähnlichen Beziehungen ein Ende macht. Was aber die Endknöpfchen betrifft, so will ich selbstverständlich Hrn. Kölliker in keiner Weise darin beschränken, ob er dieselben als präformirte, natürliche Bildungen oder als Artefacte der angewandten Methode ansehen will; Thatsache ist, dass man sie constant sieht und zwar nicht mehr und nicht weniger deutlich, als z. B. die Varicositäten der feinen Fasern.

Im Uebrigen aber wird der geneigte Leser aus meiner, jetzt vorliegenden ausführlichen Darstellung wohl die Ueberzeugung geschöpft haben, wie sehr ich im Rechte war, als ich schrieb, dass die Darstellung des Verlaufes der Hornhautnerven vom Meerschweinchen keine Gültigkeit habe für den Frosch, und wie wohl ande-

rerseits Hr. Kölliker würde daran gethan haben, seine Vermuthung, dass ich die „sensible“ Nervenausbreitung des Frosches übersehen, für sich zu behalten. Auf alle Fälle aber constatiere ich gern, dass für den Frosch Kölliker's und meine Beobachtungen am Wenigsten auseinandergehen, soweit es sich um diejenige Innervation handelt, welche ich als die sensible gedeutet habe. Wenn aber Kölliker meint, in der „sehr reichen und eigenthümlichen Nervenverästelung“ in der Hornhaut des Frosches, welche er als „Nerven der Demours'schen Haut oder der hinteren Hornhautfläche“ bezeichnet, etwas Neues gefunden zu haben, so dürfte sich da ein Irrthum eingeschlichen haben. Es sind diess nichts Anderes als jene feinen Nerven, deren Verlauf Kühne zuerst und mit der denkbar grössten Treue geschildert, und welche nur mittelst der Goldmethode um Vieles plastischer und darum bequemer hervortreten, als durch jedes andere Verfahren. Neu ist an dieser Nervenverästelung nur der Name; und dieser ist von allen, die der Hr. Verfasser hätte wählen können, wie mir scheint, der unzuweckmässigste; denn die hier in Rede stehenden Nervenfasern verlaufen nicht bloss in den hinteren Lagen der Hornhaut, sondern in allen Schichten, so weit es Hornhautkörperchen gibt; das Hornhautgewebe aber verlassen, wie Kölliker selbst hervorhebt, dieselben nicht und sie haben demnach mit der Memb. Descemetii nicht mehr zu schaffen, als etwa der Facialnerv mit der Haut des Gesichts.

Berlin, den 14. November 1866.

## Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI u. XII.

- Fig. 1. Vergrösserung 400. Nervenstämmchen 2ter Ordnung mit mehreren Theilästen. Dasselbe enthält zwischen vielen marklosen Fasern noch zwei markhaltige b, welche plötzlich und scharf abgeschnitten enden. Aussen sieht man beiderseits den blassen Contour der Scheide mit den Kernen c, welcher in der Höhe von e sich allmählich verliert. d Innere Kerne. Bei a zweigen sich einzelne Fasern vom Stämmchen ab, um sich den Zweigen hernach wieder anzulegen. Vgl. oben S. 368.
- Fig. 2. Vergrösserung 400. Dickses Stämmchen 3ter Ordnung mit dichotomischer Theilung. Bezeichnungen wie vorhin. Das Stämmchen enthält keine markhaltige Fasern mehr.

- Fig. 3. Vergrößerung 400. Flächenansicht eines Abschnitts aus dem letzten (His'schen Terminal-) Geflechte mit den zum Epithel heraustretenden Zweigen und ihrer Auflösung in die Büschel der subepithelialen Nerven- ausbreitung. a Aeste, welche aus den hinteren Lagen der Cornea in das vorderste Geflecht eintreten, b Zweige des letzteren selbst, c letzte zum Epithel heraustretende Zweige; d Büschel; e Kerne.
- Fig. 4. Vergrößerung 450. Flächenansicht eines Abschnitts der subepithelialen Nervenausbreitung aus dem peripherischen Theil der mittleren Zone. Das Präparat ist so gelagert, dass die Subepithelialschicht nach oben, das Epithel nach unten sieht. a Stämmchen aus dem vordersten Geflecht, b letzte zum Epithel heraustretende Zweige, c zwei Büschel, dazwischen das Anastomosensystem. Die Fasern der Büschel sind in der Abbildung gegenüber den Anastomosenfäden etwas zu dick gehalten, in Wirklichkeit war der Gegensatz weniger auffallend.
- Fig. 5. Vergrößerung 450. Flächenansicht eines Abschnitts der subepithelialen Nervenausbreitung aus dem inneren Theil der mittleren Zone. Das Epithel ist in der Zeichnung fortgelassen. Bezeichnungen wie in Fig. 4.
- Fig. 6. Vergrößerung 450. Flächenansicht eines Abschnitts vom subepithelialen Nervengitter im Centrum der Cornea. Die Contouren des Epithels sind nur in der einen Ecke des Bildes ausgeführt. Bei b das Centrum der Hornhaut, der Rand a sieht gegen die Peripherie derselben.
- Fig. 7. Vergrößerung 400. Flächenansicht der horizontalen, präcornealen Endfäden. Das Bild ist gezeichnet bei scharfer Einstellung auf dieselben, wobei das darunter liegende Epithel nur in verwaschenen Contouren hervortrat. a Endfäden vom einfachen, b vom complicirten Typus.
- Fig. 8. Vergrößerung 400. Verticalschnitt durch die Cornea. Die Hornhautkörperchen und die Epithelzellen der Mb. Descemetii sind in der Zeichnung weggelassen, auch das vordere Epithel nur zum Theil ausgeführt. a Mb. Descemetii, b Nerven aus dem Plexus, c letzte, zum Epithel hervortretende Zweige, die hier zufällig sehr schräg aufsteigen; d Fasern des Subepithelialstratum; e verticale Endfäden mit den horizontalen Ausläufern. An einzelnen sieht man die Endknöpfchen, die meisten enden scheinbar scharf abgeschnitten; f unzweifelhaft präcorneale Horizontalfaser.
- Fig. 1, 2 u. 3 ist vom Kaninchen, 4—8 vom Meerschweinchen.
- Fig. 9. Flächenansicht eines Abschnittes aus dem subepithelialen Nervennetz des Frosches. Das Epithel ist nur auf einer Strecke in der Mitte ausgeführt. a Zum Epithel aufsteigende Nervenstämmchen, b die Fäden des Subepithelialnetzes, von denen einzelne, c, c, durch grössere Dicke auffallen.
- Mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit des Druckes ist statt der wirklichen Reductionsfarbe des Goldes überall in den Figuren die schwarze Farbe gewählt worden.