

XIV.

Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges.

Von Dr. Klebs zu Königsberg i. Pr.

(Hierzu Taf. VII.)

I. Das Bindegewebe des Opticus.

Der feinere Bau der Netzhaut ist in neuester Zeit von Max Schultze *) einer nochmaligen Prüfung unterzogen worden, welche im Wesentlichen die älteren Ansichten über die Natur der Müllerschen Fasern bestätigt. Es kann nach diesen mit vollendeter Technik und den vorzüglichsten Mitteln ausgeführten Untersuchungen nicht mehr zweifelhaft sein, dass der bei weitem grösste Theil des Retinagewebes durchaus nicht nervöser Natur ist. Dagegen fehlt es bis jetzt noch an einer genaueren Darstellung der anatomischen und besonders histologischen Verhältnisse des Opticus, und doch ist dieser Gegenstand einer eingehenderen Prüfung sehr werth, da hier die einfacheren Verhältnisse es leichter gestatten, ein bestimmtes Urtheil über die functionelle Bedeutung der einzelnen Gewebs-elemente zu gewinnen. Donders hat in seiner klassischen Arbeit „über die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegung im Auge“ (Arch. f. Ophthalmologie Bd. I. 2.) die anatomischen Verhältnisse dieses Nerven insoweit auseinandergesetzt, als es dem Zweck der Arbeit entsprach; die feinere Structur ist ziemlich unberücksichtigt geblieben. Ausserdem hat von Ammon im ersten Band dieses Jahrgangs der Prager Vierteljahrsschrift einen Beitrag zur Anatomie des Opticus geliefert, der, soweit es die angewandten Mittel der Untersuchung zulassen, nichts zu wünschen übrig lässt. Verfasser bediente sich indess nur der Lupenvergrösserung und konnte daher nicht die Ansprüche befriedigen, welche jetzt an den Anatomen gestellt werden müssen. Es bleibt somit eine Lücke in unseren

*) Observationes de retinae structura penitior. Bonnae 1859.

Kenntnissen auszufüllen, und ich gebe die folgenden Bemerkungen nicht in der Absicht, Früheres umzustossen, sondern es zu ergänzen. Ich enthalte mich daher einer Kritik des bis jetzt über den Gegenstand Geleisteten, und werde auch nur in wenigen Punkten Gelegenheit haben, den älteren Beobachtern zu widersprechen.

Es sind zwei Schwierigkeiten, welche es verursacht zu haben scheinen, dass die Anatomie des Opticus eine solche Menge von Widersprüchen aufzuweisen hat. Erstlich ist die Wahl des Untersuchungsobjects sehr wichtig. Die frischesten Objecte geben die von den Ophthalmologen exstirpirten Bulbi, aber man wird sie selten zur Darstellung normaler Verhältnisse gebrauchen können. Auf der anderen Seite geben pathologische Veränderungen oft die Deutung des normalen Gewebes. Zweitens ist es zur Erkenntniss des Baues des Opticus nothwendig, Längsschnitte zu machen, welche den centralen, die grösseren Blutgefässe enthaltenden Theil mitnehmen. So sind denn überhaupt von einem Nerven nur wenig taugliche Präparate zu machen, und das mag die Ursache sein, weshalb v. Ammon die Existenz eines gemeinschaftlichen Kanals für die Gefässe bezweifelt.

Die erste deutliche Anschauung von dem Verhalten des Bindegewebes zu den Nervenfasern und Gefässen erhielt ich bei der Untersuchung eines von Dr. Jacobson exstirpirten Auges von einem einjährigen Kinde. Dasselbe hatte eine bedeutende centrale Ectasie der Cornea, ein Strang verband diese mit der Linse und zog die letztere etwas nach vorn, so dass die Zonula Zinnii und der Ciliarkörper ein wenig angespannt wurden. Der vordere Theil des Glaskörpers hatte seine gewöhnliche Consistenz und vollkommene Durchsichtigkeit, an Stelle des hinter dem Aequator gelegenen fand sich eine ganz klare Flüssigkeit. Beim Oeffnen des Auges durch einen Kreisschnitt im Aequator zeigte sich die Netzhaut noch vollständig durchsichtig; die Retinagefässe waren schwach gefüllt, die Eintrittsstelle des Opticus rein weiss, vom schwarzen Chorioidealrande in scharfer Linie umgrenzt; eine äussere weisse Contour war nicht zu erkennen. Die Macula lutea war nicht zu unterscheiden, indem gerade an dieser Stelle die Chorioidea sehr schwarz gefärbt war, ebenso wie um den Opticus. Sehr bald er-

hielt das intraoculare Ende des Opticus eine schmutzig weisse Farbe, die scharfen Ränder verschwanden, weisslich-graue Strahlen oder Fältchen wuchsen gleichsam in die klare Retina hinein. Nachdem diese ungefähr eine halbe Linie den Chorioidealrand überschritten hatten, trat plötzlich die Macula lutea hervor, sich nun als eine von radiären weisslichen Falten umgebene längliche und etwas zackige dunkle Figur präsentirend. Von diesen beiden Punkten aus, Opticus und Macula lutea, verbreitete sich nun die Farbenveränderung der Retina gleichmässig nach allen Seiten. — Es kann nicht zweifelhaft sein, dass die Opticusfasern es waren, an welchen dieses Undurchsichtigwerden stattfand, da die Eintrittsstelle des Opticus davon betroffen, die Macula lutea in ihrem centralen Theil dagegen frei blieb. Ueber die Ursache der Erscheinung lässt sich nicht viel Bestimmtes behaupten. Soviel kann indess als sicher angenommen werden, dass die chemischen Vorgänge, welche die Trübung bedingen, weder als von aussen kommend gedacht werden, denn die Retina war bei der Beobachtung vollständig bedeckt von Glaskörperflüssigkeit, noch auch direct von der Ernährungsstörung durch Aufhebung der Blutcirculation abgeleitet werden konnten. Unter dieser Voraussetzung müsste man erwarten, dass die Theile, welche den Blutgefässen angrenzen, auch zuerst einer Veränderung unterliegen, deren Ursache in einer plötzlichen Unterbrechung der Zufuhr von Ernährungsmaterial läge. Es wird daher nichts Anderes übrig bleiben, als dies Phänomen einer eigenthümlichen Veränderung der Nervenfasern zuzuschreiben, die mit dem Aufhören ihrer Functionsfähigkeit eintritt, ausgehend zu gleicher Zeit von den Centraltheilen, wie von dem gangliösen Apparat der Netzhaut *).

*) Es stimmt diese Erklärung überein mit der Thatsache, dass in glaukomatösen Augen die Trübung der Retina nicht einzutreten pflegt und dass abgelöste Partien der Netzhaut stets grauweiss erscheinen. Allerdings beschreibt H. Müller (Arch. f. Ophthalmologie III.) einen Fall von Atrophie der Nerven- und Ganglienschicht der Retina, bei dem er ausdrücklich Trübung bei Wasserzusatz erwähnt. Diese Beobachtung wäre entscheidend, wenn es nicht ausserordentlich schwierig wäre, die vollkommene Abwesenheit von Nervenfasern in der Opticusschicht nachzuweisen.

Ich habe mir diese Abschweifung von meinem eigentlichen Thema erlaubt, weil in der Beobachtung der Beweis zu liegen scheint, dass die Retina in diesem Falle im Leben vollständig functionsfähig war, es also erlaubt sein dürfte, den Resultaten, welche die Untersuchung dieses Opticus gewährte, eine allgemeinere Gültigkeit beizulegen.

Figur 1 giebt eine Skizze von einem senkrechten Durchschnitt des Opticus gerade durch die Mittellinie. Die Umrisse sind mit der Camera obscura gezeichnet, die feineren Verhältnisse so treu wie möglich angedeutet. Ich übergehe die Verhältnisse der doppelten Scheide des Opticus, die Donders so vortrefflich geschildert, wie die der Sclera und der Chorioidea als allgemein bekannt. Es bleiben zu erörtern der nervenhaltige Theil des Opticus, die Anfänge der Retinaschichten und der centrale Strang nebst der Hyaloidea.

1. Nervöser Theil des Opticus. Wie bekannt, sind die Nervenbündel des Opticus umgeben und von einander getrennt durch Bindegewebe, welches auf der von Donders gegebenen Abbildung im Querschnitt sich als sehr beträchtlich an Masse zeigt, dagegen in der Zeichnung des Längsschnitts nicht sehr deutlich hervortritt. Ebenso sind in der Köl liker'schen Figur in den Icones physiolog. von Ecker die einzelnen Bündel dicht aneinander gelagert, ohne markirte Zwischensubstanz. Mögen immerhin Alters- oder individuelle Verschiedenheiten bestehen, so glaube ich doch nach Vergleichung einer grossen Anzahl von Objecten behaupten zu dürfen, dass unterhalb oder ausserhalb der Lamina cribrosa gewiss die Hälfte der Substanz aus Bindegewebe besteht. Dieses Bindegewebe war eigentlich nur in der Gegend der Lamina cribrosa genauer gekannt, indem hier sehr starke Züge senkrecht die Nervenbündel durchsetzen.

Vom Centrum *) nach der Peripherie zu unterscheide ich drei wesentlich verschiedene Abschnitte im Opticus: 1) weisse Opticus-substanz, im dickeren extraocularen Theile, nach vorn ungefähr bis zur Höhe der Opticusscheiden reichend (Fig. 1. b.). Die nach

*) Ich bemerke, dass ich nur das dem Auge zugekehrte Ende des N. opticus untersucht habe, von zwei bis drei Linien Länge, wie es sich an extirpirten Augen vorfand.

dem Auge zu gelegene Grenze dieser Schicht ist nicht immer ganz constant, oft senkrecht auf die Längsrichtung den Nerven durchsetzend, oft aber auch, wie in meiner Abbildung, am äusseren Umfange in der Höhe der Opticusscheiden beginnend und dann gegen das Centrum hin sich bedeutend senkend, so dass auf Längsschnitten eine nach vorn concave Linie gebildet wird. Etwas stärkere Vergrösserungen zeigen, dass diese Grenzlinie nicht scharf zwei verschiedene Substanzen scheidet, sondern dass allmälige Uebergänge stattfinden, dass die weisse Substanz besonders in den Nervenbündeln weiter nach vorn geht, als in der Zwischensubstanz. Dieser Theil erscheint bei auffallendem Licht rein weiss, wie aus vielen sehr kleinen Theilchen zusammengesetzt, welche das Licht stark reflectiren.

2) Es folgt dann die Schicht der sogenannten Lamina cribrosa, der ich aus andern Gründen, welche später auseinander gesetzt werden sollen, einen etwas grössern Raum anweisen muss, als es zum Beispiel Donders thut. Ich rechne dazu den ganzen Abschnitt des Nerven von der Höhe der Scheiden bis zur innern Fläche der Chorioidea. Dieser Theil hat eine mehr gelbliche, glänzende Farbe.

3) Der dritte, schon intraoculare Abschnitt endlich stimmt in seinem Verhalten ganz mit der Nervenschicht an der Retina überein, hat dasselbe mattweisse Aussehen, wie die todte Retina. Der Uebergang der zweiten in die dritte Schicht ist meist sehr unmerklich.

Die Nervenbündel, welche diese drei Schichten durchsetzen, verhalten sich nun folgendermaassen: In dem ersten, weissen Abschnitt liegen die einzelnen Bündel regelmässig vertheilt, in paralleler Anordnung. Sie anastomosiren sehr selten und die Dicke der Zwischensubstanz kommt beinahe der der Bündel gleich; in der zweiten dagegen treten die einzelnen Faserzüge in vielfache Verbindung untereinander, und zwar immer unter sehr spitzen Winkeln, die einzelnen Bündel convergiren, und demgemäss nimmt die zwischen ihnen gelagerte Substanz nach dem Auge hin ab, endlich in dem dritten, intraocularen Abschnitt liegen die Bündel dicht aneinander, dunklere Linien, von nahezu parallelem Verlauf,

bestimmen noch eine deutliche Sonderung. Diese hört erst da auf, wo die Fasermassen des Opticus über die äusseren Schichten der Netzhaut sich auszubreiten beginnen (Fig. 1. x.).

Den Bau der einzelnen Nervenfasern habe ich nicht verschieden gefunden in den verschiedenen Schichten, doch bietet das Isoliren der Elemente in der weissen Substanz so viele Schwierigkeiten dar, dass ich mir kein ganz entschiedenes Urtheil zutraue. Soviel kann ich indess sicher behaupten, dass die Farbe der weissen Substanz wesentlich von der Beschaffenheit der Zwischensubstanz bedingt wird.

Die verschiedene Masse des Bindegewebes in den drei Schichten bedingt die Unterschiede im Dickendurchmesser, der in der Gegend der innern Chorioideal-Fläche fast um die Hälfte kleiner gefunden wird, als im extraoculären Theil. Die Verbreiterung beginnt von dieser Stelle und erreicht ihr Maximum erst im Anfange des Theils, der innerhalb der Scheiden liegt. Man findet hier indess Differenzen, die nicht unbedeutend sind, aber insofern ohne Interesse, als sie allein von der grössern oder geringern Mächtigkeit des Bindegewebes abhängen.

In der weissen Substanz des Opticus bildet die Hauptmasse des Bindegewebes, in derselben Richtung wie die Nervenfasers-Bündel verlaufende derbe Züge, welche aus breiten, vielfach unter einander sich verbindenden Fasern zusammengesetzt sind. In grössern Abständen senden diese Fasermassen stärkere Zweige aus (Fig. 2.), welche unter rechtem Winkel abgehend sich auf die Nervenbündel legen. Denkt man sich alles andere Gewebe entfernt, so besteht dieser Theil des Opticus aus einem starren Gerüst von in der Längsrichtung verlaufenden Säulen, die durch Querstücke vielfach miteinander verbunden sind. Die dazwischen bleibenden Lücken werden aber nicht von der Nervenmasse allein eingenommen, vielmehr schicken jene Pfeiler und Balken überall sehr feine Zweige aus, die sich fast augenblicklich in ein ausserordentlich feines Netzwerk auflösen, dessen Natur erst bei stärkerer Vergrösserung (über 300) erkannt werden kann. Da jene in der Längsrichtung verlaufenden Säulen nach allen Richtungen die gleiche Dicke behalten, so fällt natürlich die Behauptung v. Ammons, dass die Nervenfasers-

bündel von „Säcken“ eingeschlossen sind, zusammen; vielmehr sieht man sehr oft, wie in Figur 2, auf der einen Seite des Nervenfaserbündels einen solchen derben Längsstrang, während die andere Seite ein Netzwerk von Bindegewebsfasern zeigt, das etwas grössere Maschen und derbere Fasern hat, als dasjenige, welches den eigentlichen Nervenstrang durchsetzt. In diesen Partien findet man die vielen „freien“ Kerne liegen, von welchen Donders spricht; doch kommen sie, freilich in geringerer Anzahl, auch in dem feinen Netzwerk vor, welches die Nervenfaserbündel durchsetzt. Sie haben oft genau dieselbe Beschaffenheit, wie die Kerne der Körnerschichten der Netzhaut, sind vollkommen rund, haben eine scharfe Contour und ein etwas glänzendes Ansehen, neben einem fein körnigen Inhalt, der das Ganze gleichmässig erfüllt. Oft aber auch haben sie, wie in Figur 2, eine mehr längliche Gestalt, eine scharfe, dunkle Contour, von einer gewissen, freilich noch unmessbaren Breite, einen ganz durchsichtig erscheinenden Inhalt mit einem oder ein Paar das Licht stark brechender Körnchen.

Es ist sehr schwierig, zu entscheiden, ob dies wirklich freie Kerne sind, oder ob ihre Form eine andere Deutung zulässt. In der neuern Zeit sucht man mit einer gewissen Vorliebe die Existenz freier Kerne als dominirender Gewebelemente zu beweisen. Mir scheinen diese Bestrebungen ziemlich unersprießlich neben der unläugbaren Thatsache, dass die Zellmembranen in den meisten ausgebildeten Geweben sicher nachweisbar sind und eine grosse Bedeutung für physiologische, wie pathologische Bildung besitzen. Eine neue Hypothese bedarf sichererer Grundlagen, als die bis jetzt gelieferten. Vorzüglich vermisse ich in den betreffenden Arbeiten eine exacte Darstellung der präsumirten nachträglichen Membranenbildung um die Kerne. In dem hier besprochenen Präparat liess sich die Frage nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Man konnte schwanken zwischen zwei Auffassungen: entweder lagen die Kerne wirklich frei im Gewebe und dann im mikroskopischen Bilde ringförmig umkreist von einer scharfen dunkeln Linie, an welche von aussen her die feinen netzartigen Bälkchen des Bindegewebes sich ansetzen, und diese Deutung schien mir hier das meiste für

sich zu haben; oder es treten die Bälkchen direct an die Kerne heran. Dies Verhalten stimmte mit dem der Körnerschicht der Netzhaut überein, und ich glaube es bestimmt gesehen zu haben in einem Fall von Atrophie der Nervenfasern, bei welcher das intermediäre Bindegewebe schon deutlich hervortrat. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass beide Formen neben einander vorkommen, die ersten geringen Abweichungen vom physiologischen Verhalten nach den beiden entgegengesetzten Richtungen pathologischer Entwicklung hin.

In ihrem Verlaufe nach dem Auge zu werden die säulenartigen Bindegewebsbündel immer schmaler, indem sie seitliche Aeste in immer grösserer Zahl abgeben, die nun nicht mehr unter rechtem Winkel abgehen, sondern mit dem Hauptstamm einen dem Auge zugekehrten spitzen Winkel bilden, wie die Aeste eines Baumes mit ihrem Stamm. Figur 7, welche von einem Opticus genommen ist, dessen Nervenfasern atrophirt waren und der später besprochen werden soll, zeigt dieses Verhalten recht gut.

Indem nun so die querverlaufenden Fasern überwiegen und in der Höhe der doppelten Opticus-Scheide auch die Maschen des bindegewebigen Netzwerks immer weiter, die Fasern immer gröber werden, treten die einzelnen Nervenfasern viel deutlicher hervor (s. Fig. 3.). Die Nervenbündel haben hier wirklich eine Art Scheide, von welcher die querverlaufenden Fasern (3 b.) entspringen. Diese letztern vereinigen sich mit den ihnen entgegenkommenden, von andern Nervenscheiden, aber nicht immer den nächsten, entspringenden Fasern zu in der Quere breiteren Maschen. Die der weissen Substanz zunächst liegenden Fasern haben einen nach vorn bogenförmigen Verlauf (3 cc.).

Während in der weissen Substanz die innere Scheide des Opticus, welche aus senkrecht von der Sclerotica herabsteigenden Fasern sich zusammensetzt, ebenso wie die säulenartigen Züge des intermediären Bindegewebs entweder breitere Querbalken oder feine netzartige Geflechte in die Substanz des Nerven hineinschickt, so ist es hier in der gelben Schicht des Opticus (*Lamina cribrosa*) die Sclerotica, welche neben den Scheiden der einzelnen Nervenfasern einen grossen Theil der Querfasern abgiebt. Die Chorioi-

dea theiligt sich daran so viel wie gar nicht, wie auch Don-
ders angiebt. Der zwischen dem Chorioidealringe liegende Theil
wird versorgt von Fasern, welche von der Sclerotica auf oder von
der Umbiegungsstelle der Opticusfaserbündel um die äussern Re-
tinaschichten herabsteigen. Die letztern sind in Fig. 1. etwas zu
massenhaft gezeichnet, die erstern zu wenig angedeutet.

Es bliebe noch zu erwähnen, dass in dieser Schicht die Kerne
oder Zellen gänzlich zu fehlen scheinen. Da, wo etwas nach Innen
von der Innenfläche der Chorioidea die Nervenfaserbündel sich so
dicht aneinanderlegen, dass nur ein dünner Streif dunkeln Binde-
gewebs sie scheidet, treten die Querfasern des Bindegewebes sehr
deutlich hervor, sie bilden hier feine, gerade, die sich um den
vierten Theil eines Kreises biegenden Opticusfasern in radiärer
Richtung durchsetzende Linien, bereits genau von der Gestalt
und Anordnung der radiären Fasern der Netzhaut. Sie anastomo-
siren vielfach miteinander, aber die Aestchen, welche unter rechten
Winkeln sich verzweigen und ziemlich weite Maschen bilden, sind
so fein, dass sie nur an den ganz dünnen Rändern der Präparate
erkannt werden können. Nach aussen gegen die äussern Retina-
schichten, wie nach innen gegen das Bindegewebe des Central-
theils des Opticus und gegen die Membrana limitans zerfallen sie,
oder vielmehr entstehen sie durch die Vereinigung von zwei oder
mehr, etwas derberer Fasern, welche aus einem Fasernetze kommen,
das auf der innern Seite in der Limitans endigt; auf der äussern,
an der die Retinaschichten sich in schiefer Linie an die Opticus-
fasern anlegen, sich unmittelbar wieder in radiäre Fasern zerlegt,
welche zur Stäbchenschicht verlaufen.

Der dem Opticus zunächst liegende Theil der äussern Netz-
hautschichten besteht demnach (Fig. 1.) zuerst nur aus Stäbchen
und äusserer Körnerschicht, dann kommt die innere Körnerschicht
dazu, endlich die granulirte Schicht, zwischen der und der Opticus-
Ausbreitung sparsam Ganglienzellen vertheilt sind.

Zur Beschreibung der Müller'schen Bindegewebsfasern habe
ich für den Anfangstheil der Retina noch Folgendes der vortreff-
lichen Arbeit von M. Schultze hinzuzufügen: Die Radiärfasern
vereinigen sich an diesem Theile der Netzhaut an der äussern

Seite der Opticusfasern zu einem Netzwerk (Fig. 4. d.), welches im Allgemeinen durch Theilung der Fasern und Wiedervereinigung derselben entsteht. In diesem Netze finden sich oft länglich sternförmige Figuren, welche nach innen mit mehreren Radiärfasern zusammenhängen, seitlich mit den Fasern des Netzwerks anastomosiren und nach Aussen zu den eigentlichen Netzhautschichten wieder eine Radiärfaser absenden. Diese zerfällt meist in der molecularen Schicht in mehrere Fasern, welche aber dieselbe Richtung behalten (4. e.) und sich nach allen Seiten in jenes feine Netzwerk auflösen, welches zuerst M. Schultze erkannt hat, und welches so fein ist, dass die Schiek'schen Instrumente, über welche ich disponiren kann, nicht im Stande sind, es vollständig aufzulösen. Doch kann man sich ziemlich gut von der Richtigkeit der Beobachtung, „propositam nobis esse massam filigranosam tenuiter perfractam“, (M. Schultze l. c. S. 12.) mit den gewöhnlichen Mitteln überzeugen.

Die in der molecularen Schicht getheilten Radiärfasern vereinigen sich nach Aussen von derselben zu einem Netzwerk, das dem zwischen Molecular- und Opticus-Schicht gelegenen sehr ähnlich ist, und ebenso wie dieses an den Knotenpunkten Verdickungen zeigt, die hier aber weniger bedeutend sind, meist dreieckige Figuren (4. f.). Die in dieser Gegend etwas stärker vorherrschenden Querfasern schliessen einzelne grosse, etwas längliche Kerne ein.

Der weitere Verlauf der Fasern zeigt bedeutendere Abweichungen. Sie weichen in der innern Körnerschicht oft auseinander, um sich gleich wieder zu vereinigen, und dann sich aufzulösen in ein feines Netzwerk, welches einen schmalen Streifen zwischen den beiden Körnerschichten bildet (4. g.). Die Endigung der auseinanderweichenden Fasern an der Membrana limitans externa habe ich deutlicher gesehen, als sie M. Schultze abbildet. Die Uebergänge von Faser zu Membran sind mit Anschwellungen der erstern versehen. Oft finden sich hier solche Verbreiterungen in colossalem Maassstabe, bilden langgezogene, innen angeschwollene Trichter, in denen ich freilich keinen Kern gesehen habe, die aber ganz entschieden getrennt werden müssen von den Körnern der äussern Schicht. Auch M. Schultze zeichnet in seiner Fig. 4., welche

Netzhaut vom Frosch darstellt, neben den Kernen, welche mit Zapfen und Stäbchen in Verbindung stehen, andere, welche frei in der filigranartigen Substanz liegen. Jene Zapfen- und Stäbchenkörner gehören entschieden dem Bindegewebe an, während dies von den Körnern noch zweifelhaft sein kann.

Die Stäbchen bieten auch hier die meisten Schwierigkeiten dar. Ich gestehe, dass ich nach vorgefassten physiologischen Anschauungen lieber der Ansicht von der nervösen Natur dieser Organe folgte, und dass die Arbeit von Ritter im Archiv für Ophthalmologie (B. V. Abth. 2.) „über den Bau der Stäbchen und die äusseren Endigungen der Radialfasern an der Netzhaut des Frosches“, in welcher Gebilde im Innern der Stäbchen beschrieben werden, ganz ähnlich den Axencylindern, mir eine willkommene Bestätigung dieser Anschauung von Seiten der Anatomen darzubieten schien. Was ich indess am Opticus-Ende der Netzhaut gesehen habe, lässt mir die bindegewebige Natur eines Theils der Stäbchen nicht zweifelhaft erscheinen. Die Sache verhält sich nämlich folgendermaassen. Die Limitans externa, welche sich aus den Anschwellungen der Radiärfasern zusammensetzt, besitzt auf der äussern Seite keine ebene Oberfläche. Von ihr gehen Fasern aus, und zwar hauptsächlich von den Punkten, wo mehrere Radiärfasern zusammenstreffen. Diese Fasern (4. k.) haben entweder keine seitlichen Aestchen (die vielleicht nur abgerissen sind?) oder sie besitzen solche, oft von der grössten Deutlichkeit, ziemlich so breit wie die übrigen Stäbchen. Ich gebe zu, dass dies Verhalten sich nicht in der weitem Ausbreitung der Retina wird nachweisen lassen, aber der Umstand, dass an einem Orte ein Bau sich vorfindet, der fast jeden Gedanken an die nervöse Natur der Stäbchen ausschliesst, macht es auch zweifelhaft, ob dieser Satz noch für die andern Orte sich aufrecht erhalten lässt.

Ich habe diese Eigenthümlichkeiten nur einem Theil der Stäbchen vindicirt, einfach, weil ich diese Beobachtung nur an solchen Präparaten gemacht habe, in denen die Reihen der Stäbchen nicht vollständig erhalten waren, es also möglich wäre, dass differente Organe, vielleicht wegen ihrer leichtern Ablösbarkeit durch die Präparation entfernt wären. Allerdings halte ich selbst diesen Ein-

wand nicht für erheblich, da ich nur einfache senkrechte Schnitte benutzt habe und es daher wunderbar wäre, wenn nicht doch zufällig ein von diesen abweichendes Gebilde an den Präparaten haften geblieben wäre *).

- *) Zusatz, von dem Hrn. Verf. nachträglich übergeben: Die Schicht der Stäbchen und Zapfen hat in der Nähe der Eintrittsstelle des Sehnerven einen wesentlich anderen Bau, als in den mehr peripherisch gelegenen Theilen der Retina. Die Stäbchen sitzen nämlich nicht unmittelbar der Limitans externa (M. Schultze) auf, sondern von dieser Membran geht, ebenso wie sie sich auf der inneren Seite aus dem Netzwerk der Radiärfasern zusammensetzt, ein System von Bindegewebsfasern aus, welche, mit breiter Basis entspringend, sich schnell verschmälern, in Verbindung mit einander treten und so ein weites Maschenwerk bilden, dessen Zwischenräume von einer structurlosen Substanz ausgefüllt sind. Diese Zone hat ungefähr die Breite der Stäbchenschicht. An ihrer äusseren Grenze sitzen die Stäbchen mit ihren Körnern unmittelbar diesen Fasern auf, oder bilden vielmehr die Endigungen derselben.

In der Figur 4 sieht man bei i Theile jenes Netzwerks zunächst der Limitans externa. Die verzweigten Fasern endigen scheinbar mit einer kleinen, platten Anschwellung, indem an den meisten Stellen meiner Präparate die Stäbchen abgerissen waren. An anderen dagegen zeigte sich sehr deutlich hier eine kernartige, rundliche Anschwellung, welcher das nach aussen ein wenig breiter werdende Stäbchen unmittelbar aufsitzt.

An sich könnte es ziemlich gleichgültig erscheinen, ob die von M. Schultze beschriebene Limitans externa überall die äussere Grenze der Binde-substanz in der Netzhaut bezeichnet; die Sache erlangt dadurch ihre weit grössere Bedeutung, dass es hiernach bedenklich sein dürfte, die Stäbchen ihrer Natur nach von der Binde-substanz der Retina zu trennen, und sie für die Endigungen nervöser Elemente zu erklären, welche in Lücken jener eingebettet sind.

Ich leugne nicht, dass in physiologischer Beziehung diese letztere Deutung viel bequemer ist; die physiologische Theorie muss sich aber schliesslich der anatomischen Thatsache unterordnen. Uebrigens ist es nur der eine Umstand, dass in der Macula lutea die Zapfen vorherrschen, der, weil man sich gewöhnt hatte, Zapfen und Stäbchen als ziemlich gleichwerthige Organe aufzufassen, zur Verwerfung der geistreichen Brücke'schen Auffassung Veranlassung gab. Es bleibt nun aber immer noch die Möglichkeit offen, dass die Zapfen wirklich Nervenenden sind, und dann liessen sich beide Theorien der Netzhautfunction vereinigen, indem die Stäbchen catoptrische, die Zapfen percipirende Elemente sind. Hierüber können indess nur weitere Untersuchungen entscheiden. Ich begnüge mich mit der Thatsache, dass an gewissen Orten der Retina die Stäbchen entschieden mit Bindegewebelementen zusammenhängen."

In Fig. 4 sind nur die abgerissenen Enden der Bindegewebsfasern, nicht die Stäbchen selbst gezeichnet.

Was übrigens die beschriebenen eckigen Körper betrifft, welche in den drei Netzen der Müller'schen Fasern (zwischen Opticus- und Molecularschicht, zwischen dieser und Körnerschicht und zwischen Körnern und Stäbchen) sich finden, so nehme ich keinen Anstand, sie für Zellen zu erklären, und zwar für spindelförmige Bindegewebszellen, da ja wenigstens die bei i (Fig. 4.) gelegenen der allgemeinen Annahme nach Kerne enthalten. Ueber die eigentlichen Körner muss der bei Gelegenheit des Bindegewebes der weissen Opticus-Substanz besprochene Zweifel auch für diese Gebilde bleiben. Ich kann nur hinzufügen, dass die trichterförmigen Enden, welche in der Netzhaut des Frosches an ihnen haften, es sehr wahrscheinlich machen, dass es Zellen sind mit grossem Kern und eng anliegender Membran.

Ich will diesen Abschnitt über das Bindegewebe des nervenhaltigen Theils des Opticus damit beschliessen, dass ich darauf hinweise, wie mit dem geschilderten Zusammenhange des Bindegewebes des Opticus mit den Müller'schen Netzhautfasern ein überzeugender Beweis für die anatomische Identität beider Formen gegeben ist. M. Schultze legt grossen Werth darauf, dass die nervösen Fasern der Retina bei gewisser Behandlung immer varikös werden. Aber einmal lassen sich die Bedingungen für diesen Prozess nicht immer herstellen, und ausserdem giebt es in der That Bindegewebsfasern, deren Ausläufer unter Umständen variköses Aussehen besitzen. In meiner nächsten Arbeit, welche Corpus ciliare und Zonula betreffen soll, werde ich dergleichen schildern.

2. Centraler Theil des Opticus und Membrana hyaloidea. Längsschnitte durch den an das Auge grenzenden Theil des Opticus, welche in der Richtung auf die Macula lutea und durch die Medianlinie des Cylinders gelegt sind, ergaben mir als ein constantes Resultat, dass die innere Oberfläche der Retina hier eine seichte Ausbuchtung trägt. Es ist möglich, dass dieses Verhältniss sich nicht überall findet, dass bisweilen in der That eine Papilla nervi optici existirt, dies ist aber aus später zu erörternden Gründen in Beziehung auf die anatomische Bedeutung dieser Stelle ziemlich gleichgültig. Diese Grube hat keine ganz centrale Lage, ihr tiefster Punkt weicht etwas nach innen zu ab; demgemäss

steigt der innere Rand steiler an, die Opticusfasern biegen sich hier fast in rechtem Winkel um die äussern Netzhautschichten, während der der Macula lutea zugekehrte Rand eine langsamere Steigung hat, die Opticusfasern vor und nach der Umbeugung zur Retinaausbreitung einen stumpfern Winkel bilden. Dieses Verhältniss ist für die Form der Opticus-Excavationen von Wichtigkeit.

Der Centraltheil des Opticus verschmälert sich nach aussen hin vom Auge sehr rasch, entsprechend dem Aneinandertreten der Nervenbündel. In der Höhe der innern Chorioidea-Fläche findet die grösste Annäherung statt und von da an ist er von ziemlich parallelen Wänden begrenzt. In diesem letztern Theile liegen Arterie und Vene, und zwar zunächst der äussern Oberfläche des Cylinders, zwischen ihnen eine nicht unbeträchtliche Masse von Bindegewebe. Dieses letztere hat vorwiegend der Längsrichtung des Opticus folgende Fasern, die nach dem Auge zu fächerförmig divergiren und zunächst der innern Oberfläche in ein ziemlich weitmaschiges Netzwerk sich auflösen. Zellen findet man sehr spärlich in diesem Gewebe, und immer die gewöhnlichen, sehr schmalen, spindelförmigen Gebilde. Erst in der Nähe der Fovea centralis liegt eine grössere Masse eigenthümlicher Zellen, welche den centralen Theil des Bindegewebsstranges einnehmen und in geringerer Anzahl längs der ganzen Oberfläche der Grube anzutreffen sind. In der centralen Anhäufung erscheinen alle als rundliche Zellen mit deutlicher Membran, klarem Inhalt und grossem dunkeln Kern. Nach den Seiten hin, wo sie mehr vereinzelt liegen, erkennt man sehr deutlich, dass jede mehrere Ausläufer besitzt; einen, der nach innen der centralen Linie zustrebt, einen andern am entgegengesetzten Pole, welcher der Oberfläche parallel zur Membrana hyaloidea läuft. Seitliche Fasern, die von diesen Zellen entspringen, sind schwerer zu erkennen. Die tieferliegenden besitzen aber wohl auch solche, welche an der Bildung des oberflächlichen Bindegewebsnetzes Theil nehmen. Aus diesem Netze setzt sich nun der Anfangstheil der Limitans zusammen, in derselben Weise, wie sie sich im weitem Verlaufe aus den Müller'schen Fasern bildet (Fig. 5.1.). Jene centralen Zellen dagegen bilden die Wurzel der Hyaloidea. Dieselben Formen lassen sich in dieser Membran noch

eine Strecke weit über die Eintrittsstelle des Opticus hinaus verfolgen; mit ihnen hört jede Structur in der Glashaut auf. Von der Fläche gesehen, bekommt man von diesen mit Zellen versehenen Theilen der Hyaloidea ein Bild, wie es Figur 6. zeigt. In einer leicht streifigen hyalinen Grundsubstanz liegen in regelmässigen Abständen die oben beschriebenen Zellen, oft mit langen fadenförmigen Fortsätzen versehen. Nach der Fovea centralis nimmt die Menge der Zellen auf derselben Fläche zu, dieselben treten endlich dicht aneinander und geben dann leicht Bilder, wie sie Finkbeiner als Epithel der Hyaloidea gedeutet haben mag.

Es existirt im Centrum der Eintrittsstelle des Opticus also keine solche scharfe Begrenzung zwischen der centralen Bindegewebsmasse und dem Glaskörper, wie wir sie in Form einer Membrana propria oder eines Epithels zwischen anatomisch differenten Theilen eines Organs zu finden pflegen. Die bei in Chromsäure erhärteten Augen körnig erscheinende Masse des Glaskörpers liegt unmittelbar auf jenen centralen Zellen und dem von ihnen gebildeten Bindegewebsnetz. Jene Zellen stimmen nun so auffallend mit den zelligen Bildungen überein, welche man so häufig hier, wie am vordern Theil des Corpus vitreum in dessen Substanz eingebettet findet, dass es als kein besonderes Wagniss anzusehen wäre, wenn man diese Gegend als gemeinschaftliche Wurzel der Hyaloidea und des Glaskörpers auffasst. Es spricht dafür die innige Verbindung der Glasmembran mit dem Corpus vitreum, wie auch der Beginn der Glaskörperverflüssigung gerade an dieser Stelle. Es würde somit diesen Zellen eine grosse Bedeutung für die Ernährung dieses Organs vindicirt; eine Function, die sich freilich nicht streng beweisen lässt, die aber, falls sie sich anderweitig bewährt, Thatsachen erklären dürfte, die bis dahin unerklärt bleiben mussten. Sind es die endosmotischen Strömungen von den Retinal- oder Chorioidealgefässen her, welche den Stoffwechsel in diesem Organ unterhalten, so würde eine durch Stauung in diesen Gefässen bewirkte Hemmung der Strömungen im Glaskörper Veränderungen hervorbringen, an welchen das ganze Organ in gleicher Weise, vielleicht die peripherischen Theile in höherm Grade, leiden müssten. Dass dergleichen vorkommt, ist unzweifelhaft, aber par-

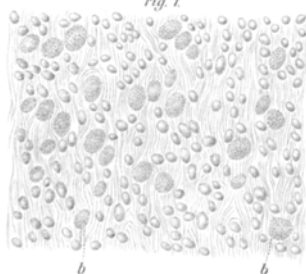
tielle Verflüssigung kann nie und nimmer durch solche allgemeine Störungen erklärt werden. Hier muss die *Functio laesa* des Orts selbst herangezogen werden. Der Unterschied ist, um ein recht krasses Bild zu geben, derselbe, wie zwischen allgemeinem Oedem einer Extremität durch Compression der Venen, und der Exsudation unter der Epidermis, da wo ein Blasenpflaster gewirkt hat.

Ich habe oben bemerkt, dass bei dem Auge, welches dieser Beschreibung zu Grunde gelegt ist, ebenfalls Verflüssigung des hintern Abschnitts des Glaskörpers sich vorfand. Es kann also der Deutung jener centralen Zellenmasse der Einwand, dass es sich hier um rein pathologische Verhältnisse handle, gemacht werden. Ich muss nun gestehen, dass es mir unmöglich ist, mich auf jenen Standpunkt pathologischer Anatomie zurückzusetzen, in welchem es keine Schwierigkeiten hatte, Zellen aus Blastem und Blastem aus Zellen entstehen zu lassen; ein Standpunkt, zu dem freilich in neuester Zeit treffliche Rückschritte gemacht sind. Indem ich also die Präexistenz der Zellen *in loco* festhalte, liegt meiner Ansicht nach nur die Frage vor, ob man hier veränderte oder nicht veränderte Zellen vor sich hat. Eine active pathologische Veränderung mit Theilung der Kerne ist nicht vorhanden, andere lassen sich nicht ausschliessen. Die Vergleichung mit Präparaten von andern Augen hat mir keine besondere Unterschiede deutlich werden lassen, als etwa einfache Vergrösserung, die sich freilich schwer dürfte nachweisen lassen. Ich lasse also dahingestellt, ob hier ein nachweisbarer pathologischer Zustand präexistirender Gewebs-elemente sich vorfindet.

II. Zur pathologischen Anatomie des Opticus.

1. Die Excavationen der Eintrittsstelle des Opticus haben durch die Arbeiten v. Gräfe's über glaucomatöse Krankheitsprocesse eine solche Wichtigkeit erlangt, dass ihnen in der Reihe der pathologischen Veränderungen des Opticus ohne Zweifel der erste Rang gebührt. H. Müller, der sich um die Anatomie des Auges in jeder Hinsicht grosse und unbezweifelte Verdienste erworben, hat in einer Arbeit „über Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven“ (Arch. f. Ophthalm. B. IV. 2.) zwei beson-

Fig. 1.



b

b

Fig. 2.

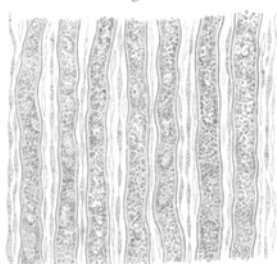


Fig. 3.



Fig. 4.

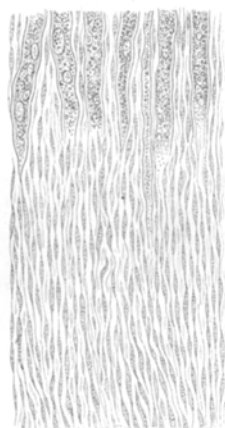


Fig. 5.

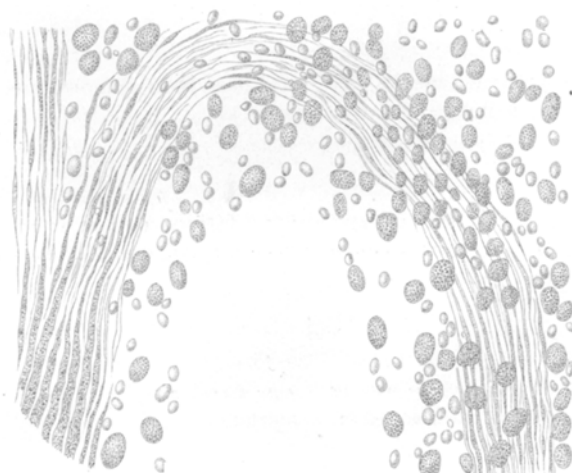


Fig. 2.

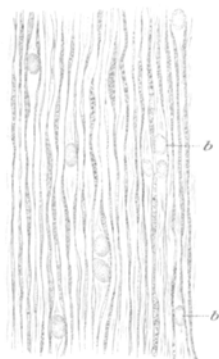


Fig. 1.



Fig. 4.



Fig. 3.

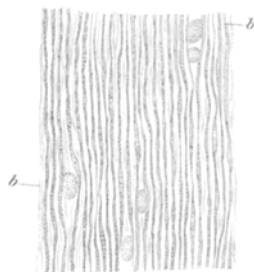


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

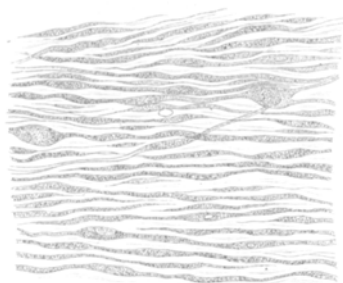
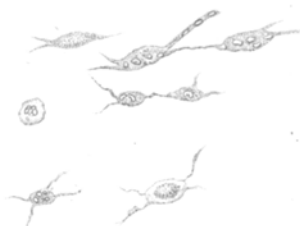


Fig. 5.



Fig. 4.



dere Formen aufgestellt: die eine bedingt durch einfache Atrophie der Nervenfasern, die andere Folge des gesteigerten intraoculären Drucks, die eigentlich glaucomatöse Form. Jene characterisirt sich durch eine flache Grubenbildung; die tiefste Stelle der Höhlung überschreitet nicht die innere Fläche der Chorioidea. Ich habe keinen derartigen Fall Gelegenheit gehabt, zu beobachten, glaube aber, dass bei einer reinen Atrophie der nervösen Elemente der Netzhaut und des Sehnerven eher eine Abflachung der ursprünglich vorhandenen Grube, als ihre Vertiefung eintreten müsste. Es ist mir daher wahrscheinlich, dass im weitem Verlaufe der Netzhautatrophie eine consecutive Atrophie des Bindegewebes des Opticus, besonders des centralen Stranges, eintritt, welche eine geringe Vertiefung der normalen Sehnervengrube bedingt.

Die zweite Form dagegen, welche sich nach H. Müller als „eine steil abfallende, bis über das Niveau der Chorioidea hinausreichende Grube“ characterisirt, habe ich mehrmals an Augen gefunden, welche Dr. Jacobson exstirpirt und mir zur Untersuchung zu überlassen die Güte gehabt hat. Ich will zwei derartige Fälle mittheilen, da ich glaube, dass sich noch einzelne neue Gesichtspunkte werden finden lassen, welche zwar nicht die bis jetzt noch immer dunkeln nächsten Ursachen des intraoculären Drucks aufzuklären im Stande sein dürften, aber vielleicht dazu dienen können, das Fortschreiten der Veränderung im Sehnerven selbst deutlicher zu machen.

Ich gebe nicht die vollständigen Krankheits- und Sectionsreferate, in der Absicht, dieselben später unter einem allgemeineren Gesichtspunkte zu betrachten.

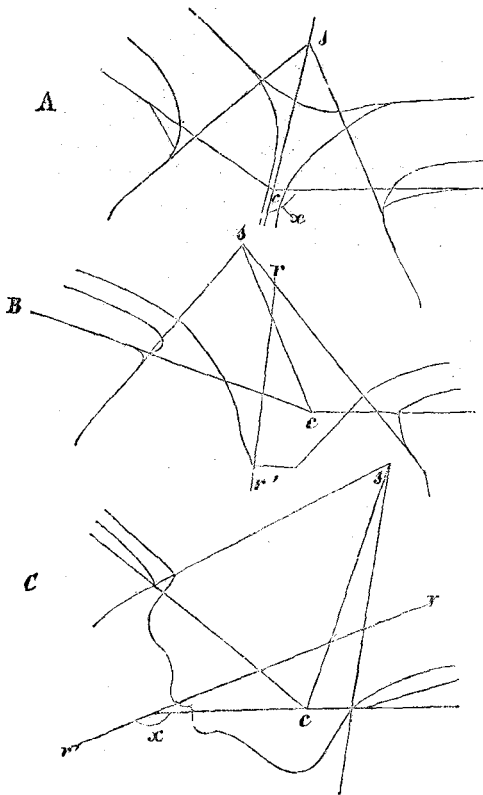
Das eine Präparat stammt von einem kräftigen Mann in den dreissiger Jahren, welchem 10 Wochen vor der Exstirpation durch einen Holzsplitter das rechte Auge verletzt war. Die Hornhautwunde war geheilt, die Iris oben in die Narbe eingeeilt, die Pupille stark dilatirt. Hinter der Pupille lagen graue Massen zerfaserner Linsensubstanz, Stücke derselben befanden sich frei in der durch den Substanzverlust an der Linse gebildeten hinteren Augenkammer, zum Theil ruhend auf dem unteren Theil des Pupillarrandes der Iris. Es fand sich in dem wegen drohender sympathischer Amblyopie des anderen Auges exstirpirten Bulbus Ectasie des äquatorialen und hinteren Abschnitts der Sclerotica; die Gefässe des Ciliarkörpers waren strotzend von Blut, die Chorioidea im Ciliartheil sehr verdünnt und pigmentirt, so dass die breiten Gefässe sehr deutlich sich präsentirten, darüber ein Paar ganz

kleine rundliche, blasige Erhebungen oder Ablösungen der Netzhaut. Diesen entsprechend, aber mehr nach hinten, jenseits der Ora serrata zeigte die Chorioidea die bekannten unregelmässigen pigmentarmen Flecke der sogenannten Chorioideitis disseminata. — Auch die Retinagesässe waren als rothe Fäden bis zur Ora serrata zu verfolgen. Die Netzhaut trübte sich sehr wenig, die Macula lutea erschien als ein kleiner gelbrother Fleck auf einem schwarzen verwaschenen Pigmentfleck der Aderhaut, welcher gegen die Pigmentarmuth der übrigen Chorioidea sehr hervorstach. — Die weisse, mattglänzende Substanz des Opticus grenzte sich scharf gegen die Chorioidea ab, welche an der äusseren Seite die Kante des Scleralrings deutlich durchscheinen liess. Der Opticus selbst war stark excavirt, die tiefste Stelle der Grube schien nach der inneren Seite hin zu liegen, indem der Rand hier steiler nach innen abfiel, während er nach der Macula lutea zu viel allmähiger sich erhob.

Figur 7 ist die Skizze eines Längsschnitts, der in der Richtung auf die Macula lutea durch die Mittellinie geführt ist, M bezeichnet die äussere Seite. Man überblickt die Verhältnisse leicht. In der Retina ist die Nervenschicht, welche sonst in der Nähe des Opticus den übrigen Schichten mindestens gleichkommt, so verdünnt, dass sie in der Dicke kaum halb so viel, als diese, misst. Die äusseren Retinaschichten endigen an der Seite der Macula lutea sehr zugespitzt; mit breitem Rande dagegen an der inneren *).

Die Vergleichung der beiden Figuren A und B, Umrisse von einem normalen und diesem excavirten Sehnerven im Längsschnitt, ergiebt nun, abgesehen von der Grubenbildung, wesentliche Veränderungen in dem gegenseitigen Lagerungsverhältniss von Chorioidea und Opticus. Um dies anschaulich zu machen, ist eine einfache Construction nothwendig. Ich verlängere die Durchschnitte der inneren Aderhautfläche und erhalte so den Winkel c , den ich Chorioidealwinkel nennen will. Bei dem normalen Opticus fällt er in die Mittellinie, deren Richtung durch den Verlauf der Gefässe sich genau bestimmen lässt. Er misst 146° . In B dagegen ist der Chorioidealwinkel beträchtlich stumpfer, 158° , und seine Spitze

*) Dieses Verhältniss ist gerade das umgekehrte von dem, welches H. Müller (l. c. S. 8) als häufiger vorkommendes bezeichnet. Ich finde an den von mir untersuchten Augen keine so auffallende Ungleichmässigkeit in der Endigung der äusseren Retinaschichten am Foramen opticum. Das Normale scheint mir zu sein, dass die Grenzlinie zwischen Nervenschicht und den äusseren Schichten an allen Seiten ungefähr einen halben rechten Winkel mit dem Chorioidealniveau macht. Wenigstens in diesem Fall möchte ich die starke Vorwölbung auf der inneren Seite eher mit dem Mechanismus der Grubenbildung in Verbindung bringen.



Skizzen eines normalen
Opticus (A), eines excavir-
ten im ersten Stadium (B),
und eines im zweiten (C).

s Sclerotalwinkel.

c Chorioidealwinkel.

rr' Medianlinie d. Opticus.

x Winkel, welchen die
Medianlinie des Opticus
mit der Ebene der Cho-
rioidea auf der äusseren
Seite bildet.

ist mehr nach aussen, der Gegend der Macula lutea zugewandt. — Denkt man sich den Trichter, welchen das Foramen opticum scleroticae bildet, nach innen vervollständigt, so hätte man einen Kegel, dessen Spitze in s liegt. Ich will den hierdurch bestimmten Winkel Sclerotalwinkel nennen. Dieser fällt im normalen Opticus ebenfalls in die Richtungs- oder Mittellinie des Sehnerven, und misst in unserem Fall 80°; in dem excavirten Opticus misst er ebenfalls 80 Grade, aber die Spitze des Kegels weicht nach innen von der Richtungslinie ab (Fig. B), also in der der Abweichung des Chorioidealwinkels entgegengesetzten Richtung, die Verbindungslinie beider Punkte (s c) schneidet die Mittellinie des Opticus in einem

spitzen Winkel. Es würde sich also ergeben, dass in diesem Falle die Form der Opticusinsertion eine wesentliche Veränderung erlitten hat, dass der Insertionspunkt nicht einfach nach hinten gedrängt ist, vielmehr die Mittellinie des Sehnerven aufgehört hat, in der Verlängerung eines Radius zu liegen und jetzt mit der im Insertionspunkte gezogenen Tangente einen spitzen und stumpfen Winkel bildet. Die nächste Folge ist eine Verminderung der Anspannung des Opticus und seiner Scheiden; ob weiterhin dieser Zustand auch Lageveränderungen des Auges herbeiführen kann, welche sich am vorderen Abschnitte manifestiren, muss dahingestellt bleiben, da wir den Einfluss des Opticus auf die Augenstellungen nicht kennen. Vielleicht könnte aber auf diesem Wege eine Diagnose des hinteren Sclerotalstaphyloms erzielt werden selbst bei Pupillarverschluss oder Trübung der Linse. Es bleibt noch übrig, die Formveränderungen, welche das intraoculare Ende des Sehnerven in diesem ersten Stadium erleidet, zu verfolgen.

Die Grube entspricht hier ihrer Form und Lage nach vollkommen dem trichterförmigen Theil des centralen Gefässstranges, ihr tiefster Punkt liegt etwas nach der Seite der Macula lutea hin, woselbst die Wandung viel weniger steil nach unten abfällt, als auf der andern, wenn man nemlich die Chorioidealfäche auf der Seite der Macula lutea als horizontale nimmt und in senkrechter Richtung auf sie blickt, in Figur 7. in der Richtung des Pfeils. Der Boden der Grube bildet eine der Richtung der Chorioidea entsprechende kleine Ebene, unter welcher unmittelbar Gefässe verlaufen, senkrecht auf ihrer frühern Richtung. Diese Umlagerung der Gefässe kann durch keine locale Bedingung erklärt werden, sie veranschaulicht auf das deutlichste die Wirkung des intraoculären Drucks.

Der Durchschnitt, welcher in Figur 7. gegeben ist, hat leider nicht vollständig den Centraltheil getroffen. Man sieht am Boden der Grube zwar zwei starke Gefässe, aber unmittelbar unter denselben liegen mehrere Nervenfaserbündel, da, wo mehr nach der Mitte des Nerven zu nur Bindegewebe und Gefässe sich gefunden hätten. Ich muss demnach aus andern Präparaten das Bild vervollständigen. Die Wandungen des centralen Canals verliefen nicht

wie im normalen Auge parallel, sondern waren in der Höhe der Sclerotica etwas ausgebuchtet; der Canal war hier also erweitert, und die Raumvermehrung wurde, soweit ersichtlich, nur durch die Erweiterung der Gefässe, welche alle mit Blutkörperchen gefüllt waren, compensirt. Ein weiterer Effect dieser Expansion von Innen heraus zeigte sich in der Verwölbung der äussern Oberfläche des Opticus in seinem Scleroticaltheil, die besonders auffallend auf der innern Seite war. Hier entfernten sich (Fig. 7.) die noch sehr wohl erhaltenen Nervenfaserbündel in einem grossen Bogen vom Chorioidealrande, und liessen zwischen sich und diesem eine Lücke, welche durch Bindegewebsnetze ausgefüllt war, bei a. Die Nervenmassen verloren erst in dem intraoculären Theil an Mächtigkeit, sie wurden auf der kurzen Strecke von der innern Oberfläche der Aderhaut bis zur Umbiegungsstelle um die äussern Retinaschichten um mehr als die Hälfte ihres Querdurchmessers verschmälert. Auf der andern äussern Seite des Opticus waren in der Gegend der Lamina cribrosa die Nervenbündel nicht mehr als gesonderte Züge zu erkennen. In der vorwiegenden Masse derber, querverlaufender Fasern trat nur eine sehr unbedeutende Längsstreifung auf, der Process der Atrophie war hier bedeutend weiter fortgeschritten, als in den Fasern, welche die innern Theile der Netzhaut versorgen. Es stimmt dies nicht vollkommen überein mit der Excentricität des Gesichtsfelds, welche an glaucomatösen Augen constatirt ist. Nach den klinischen Erfahrungen müsste man annehmen, dass der von der Macula lutea nach aussen gelegene Theil in einer von oben nach unten schmalen Zone am längsten seine Perceptionsfähigkeit für Lichteindrücke behält, oder anders ausgedrückt, dass die Leitung von den hier gelegenen Ganglien zum Gehirn bei der Excurvierung des Sehnerven am spätesten beeinträchtigt wird. Beide Erklärungen der Sehstörung haben ihre Berechtigung. Die anatomischen Verhältnisse aber, welche es ganz unzweifelhaft erscheinen lassen, dass die Wirkungen des intraoculären Drucks an der Seite der Macula lutea mächtiger und früher hervortreten, indem hier die Spannung der Gefässe nicht Stützpunkte für das weichere Gewebe abgeben kann, und die Schiefstellung des Sehnerven diese Theile in eine ungünstigere Lage zur Richtung des Drucks, die als

eine radiäre aufgefasst werden muss, bringt; machen es wahrscheinlicher, dass die Wirkungen des intraoculären Drucks früher die lichtempfindenden, als die Organe der Leitung, früher die Ganglien, als die Nervenfasern treffen. Unerklärt muss es dann freilich immer bleiben, weshalb die einzelnen Theile der Netzhaut eine so sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit besitzen. Die klinische Bestimmung des Gesichtsfelds an glaucomatösen Augen dürfte noch manchen Aufschluss über die ersten Effecte des gesteigerten intraoculären Drucks gewähren.

Ein zweiter Fall von Grubenbildung im intraocularen Theil des Sehnerven, welcher einem durch Glaucom zu Grunde gegangenen und extirpirten Auge entnommen ist, zeigte die höheren Grade des Processes. Der Augapfel war in allen seinen Theilen gleichmässig ausgedehnt, hatte die Form eines Ellipsoids, dessen Hauptaxe der Augenaxe entspricht. Die Cornea war abgeflacht, die Einziehung an der Uebergangsstelle zur Sclera verstrichen, die Pupille durch ein Netzwerk pigmentirter Fäden, welche den Rand der Iris nach innen zogen, verlegt. Die Insertion der Iris an zwei Stellen getrennt, so dass man von hinten her durch die Zonula direct auf die Hornhaut sah; die Linse nach vorn gedrängt, der Hornhaut fast anliegend, die Zonula Zinni überall erhalten, aber sehr gespannt und mit nach hinten verschobener Insertion am Corpus ciliare, indem die vorderen gewölbten Enden des letzteren mit der ausgedehnten Sclera mehr nach aussen gerückt sind. Die Chorioidea war etwas pigmentarm, die Netzhaut im Allgemeinen unverändert, auch die Ganglienschicht erhalten; die Gefässe der letzteren stark gefüllt. Die Ciliargefässe dagegen sind viel weniger ausgedehnt, als man dies in ähnlichen Fällen zu finden pflegt.

Die Form der Sehnervenexcavation, wie sie vom Innern des Auges her gesehen erschien, wich nicht von der oft beschriebenen ab. Ich übergehe daher die allgemeineren Verhältnisse und wende mich sogleich zur Schilderung des Bildes, welches senkrechte Durchschnitte durch den Opticus geben. Figur 8 stellt einen solchen dar. M bezeichnet wieder die Seite der Macula lutea. Man erkennt sehr leicht, dass die Formen dieses Falles die des vorigen genau wiederholen. Der grösste Schwund des Sehnerven befindet sich auf der äusseren Seite, wo, wie sich aus anderen Durchschnitten ergiebt, die Chorioidea selbst unterminirt ist und in die Höhle hineinragt. Doch findet letzteres auch auf der anderen, inneren Seite Statt, so dass hier, von vorn her gesehen, die auf dem Grunde der Grube gesehenen Gefässe verschwinden und dann an einer anderen Stelle wieder über den Chorioidealrand hervortreten.

Das Präparat, welches in Fig. 8 abgebildet ist, hat ziemlich die Mitte getroffen. Man sieht einen Hauptgefässstamm in der Längsrichtung des Nerven verlaufend (b.), darüber kleinere mehr in der Längs- oder Querrichtung getroffene Gefässe (c c c). Der Chorioidealrand endet, ebenso wie in dem vorigen Fall (vgl. den Holzschnitt), nach innen hin zugespitzt (a.), nach aussen breiter. Die äusseren Netzhautlagen verschmälern sich überall nach der Eintrittsstelle zu.

Die der inneren Oberfläche zunächst liegende Partie des Opticus zeigt nur querverlaufende Fasermassen eines sehr derben Bindegewebes. Weiter nach aussen werden die immer noch derben Querfasern durchsetzt von Zügen, welche sich baumartig in die obere Querfaserschicht auflösen. Auch diese bestehen aus starren breiten Fasern, ohne eine Spur von nervösen Elementen oder von Zellen. Bei d ist der Beginn der weissen Opticussubstanz angedeutet, welche bis auf den Mangel an Nervenfasern nichts Abnormes darbietet. Makroskopisch erschien sie ein Weniges gelblicher gefärbt, als gewöhnlich.

Sehr verändert waren die Breitendimensionen des Opticus und sein Verhältniss zur Chorioidealebene. Während der Scleraltheil noch immer eine Zunahme in der Breite zeigte, verschmälerte sich der Nerv unterhalb desselben ganz ausserordentlich, und von hier aus begann gleichzeitig eine Schiefstellung des Opticus; so dass auf der äusseren Seite der innerhalb und ausserhalb der Sclera gelegene Theil einen Winkel von fast 90 Graden miteinander bilden. Der Sclerotalwinkel ist sehr zugespitzt (57° gegen 80° im normalen Auge). Dagegen ist der Chorioidealwinkel, abweichend von dem vorigen Fall, etwas verkleinert (140° gegen 146° im normalen Auge und 158° bei dem weniger excavirten Opticus). Dieses Verhalten erinnert an die bedeutende Verkleinerung dieses Winkels, welche bei phthisischen Augen durch Schrumpfung des hinteren Augenabschnitts zu Stande kommt, findet aber hier wohl dadurch seine genügende Erklärung, dass die Ausdehnung des Augapfels mehr die vorderen Theile beansprucht hat.

Die Richtungslinie des Opticus bildet mit der Verlängerung der inneren Chorioidealfläche auf der äusseren Seite den stumpfen Winkel α von 120 Graden, gegen 100° bei normalem Lageverhältniss (Holzschnitt A).

Die beiden beschriebenen Fälle geben ein ungefähres Bild von dem Fortschreiten der Veränderungen des Opticus, und ich glaube es als besonders bemerkenswerth hervorheben zu dürfen, dass der centrale Theil des Opticus, der aus den Hauptgefässen und Bindegewebe besteht, zuerst einer Atrophie unterliegt, deren Resultat eine trichterförmige Grube ist. In diesem ersten Stadium sind die nervösen Elemente des Sehnerven noch wenig verändert, die Zerstörung dieser erfolgt erst, wenn durch die Ausdehnung des hinteren Augenabschnitts die Opticusinsertion nach hinten gedrängt wird, indem die dadurch bedingte Schiefstellung des Opticus die peripherischen Theile des Nerven in eine, dem nach allen Seiten gleichmässig wirkenden Drucke gegenüber, günstigere Lage versetzt, vorzüglich auf der Seite der Macula lutea. So erklärt sich die im spätern Stadium stets eintretende tiefe Ausbuchtung der Grube an der äussern Seite. H. Müller hat in der oben citirten Arbeit einen Fall von extremer Sehnerven-Excavation beschrieben, in wel-

chem (Fig. 6.) der auf der äussern und innern Seite ungleichmässigen Vertiefung nicht Erwähnung gethan wird. Ich vermute, dass in diesem Fall, wie in dem folgenden, bei welchem dies besonders bemerkt wird, nur Durchschnitte, im senkrechten Meridian geführt, vorgelegen haben. Es wird durch diese Fälle also nicht die allgemeine Geltung der oben beschriebenen Verhältnisse beeinträchtigt; und es dürfte auch nicht zweifelhaft sein, dass allein horizontale Durchschnitte genügenden Aufschluss über diese Bildung gewähren.

v. Ammon (Beiträge zur pathologischen Anatomie des intraocularen Sehnervenendes, Arch. f. Ophthalm. VI. 1.) beschreibt eine dritte Form von Excavation, welche er richtiger als „centralen Schwund des Opticus“ bezeichnet. Es findet sich in diesem Fall ein Längskanal, der mit gelatinöser Masse angefüllt ist. Wenn auch über die Bedeutung dieser Ausfüllungsmasse, ob Glaskörperflüssigkeit oder mehr eitrige Producte, nichts angegeben wird, so ist doch so viel deutlich, dass es sich hier vorzüglich um Veränderungen des Centralstrangs handelt, während im Beginn des Processes die peripherischen Theile intact bleiben. Auch bei der Grubenbildung durch intraoculären Druck ist, wie ich oben gezeigt, der dem Glaskörper angrenzende Theil des Centralstrangs der zuerst afficirte. Aber gerade der Umstand, dass im weiteren Verlaufe hier die übrigen Theile der sogenannten Opticuspapille, dort dagegen auch der ausserhalb der Sclera befindliche Theil des Centralstrangs in Anspruch genommen werden, macht es ganz evident, dass im erstern Falle nicht ein Leiden des Opticus die primäre Ursache der Grubenbildung ist.

v. Ammon leitet ferner die Entstehung der Sehnervensexavation von Gefässatrophie ab, welche er regelmässig dabei gefunden haben will (l. c. S. 23.). Dies Verhalten ist nun aber keineswegs constant. Da ich die betreffende Arbeit erst später erhielt, habe ich in dem beschreibenden Abschnitte meines Aufsatzes nicht näher die Gefässdurchmesser angegeben. Ich hole das Nothwendige deshalb jetzt nach, obwohl ich nicht verhehlen mag, dass ich diesen Verhältnissen kein so grosses Gewicht beilegen kann, wie es Ammon thut, der „in die Arteria ophthalmica die nächste anatomische

Ursprungsstelle der Chorioideitis, der Mutter des so verwirrten glaucomatösen Krankheitsbildes" verlegt. Man muss, wenn man nicht jede pathologische Anschauung verwirren will, Hyperämie, auch mit Exsudat, und Entzündung strenge von einander scheiden. Der active Character des letztern Processes, der sich hauptsächlich an dem Parenchym mit seinen Zellen manifestirt, scheint nicht immer von den Ophthalmologen für nothwendig erachtet zu werden, um einen Vorgang mit den zwei Silben itis leicht und sicher zu localisiren. Die Messung der Hauptstämme der Arterie und Vene des Sehnerven ergab das übereinstimmende Resultat, dass diese Gefässe, soweit sie sich in den Stümpfen des Opticus verfolgen liessen, bei excavirtem Opticus bedeutend weiter waren, als in dem als normal angenommenen Auge. Der Querdurchmesser der Arterie und Vene, welche im letzteren gleich breit waren, verhielt sich bei diesem, wie 5 zu 7 in dem geringer und zu 9 im stärker excavirten Opticus *). Allerdings sind diese Zahlen nicht absolut vergleichbar, da der erste Opticus einem Kinde, die beiden andern erwachsenen Menschen angehörten. Aber schon der Umstand, dass in den beiden letztern Fällen sowohl Arterie wie Vene stark mit Blutkörperchen angefüllt waren, beweist genügend, dass diese Gefässe nicht unter einem von Aussen her wirkenden Ueberdruck gestanden haben; der Mangel an Contractilität der Gefässwände spricht eher für eine Dilatation, von Verschlüssung, wie sie Ammon beobachtet hat, gar nicht zu reden. Aber ich fand bei diesen Messungen noch eine andere Thatsache, welche den Effect des intraocularen Drucks demonstrirt. In beiden Fällen von Excavation nemlich war der Durchmesser der Arterie grösser, als der Vene und dies Verhältniss fand sich noch an den Zweigen erster Ordnung wieder, welche am Boden der Grube verliefen. In den weitem Verzweigungen ist das Verhältniss, wie schon die grobe An-

*) Ich gebe nur die Verhältnisszahlen, da meine Messungen, mit dem Hartingschen Schieberzirkel ausgeführt, absolut richtige Resultate nur geben können, wenn die Divergenz der Lichtstrahlen, welche aus dem Mikroskop in das eine Auge eintreten, genau übereinstimmt mit der Divergenz der Strahlen, welche von den Cirkelspitzen in das andere Auge gelangen. Die Schwierigkeit, diese Bedingung herbeizuführen, macht die sonst sehr bequeme Methode unzuverlässig, ausser zu vergleichenden Messungen.

schauung und der Augenspiegel zeigt, ein umgekehrtes. In dem Innern des Augapfels selbst findet im Retinalkreislauf eine Anhäufung des Venenbluts statt, während die arteriellen Theile der Gefässbahn oft nur während der Zeit der höchsten Systole des Herzens eine Blutwelle erhalten, welche dann um soviel deutlicher gegen die in der Zwischenzeit vorwaltende Blutleere hervortritt.

Diese Thatsache scheint mir den für die Circulationsverhältnisse im Auge sehr wichtigen Beweis zu liefern, dass die Gefässe der Retina bei steigendem intraoculären Druck am meisten an der Eintrittsstelle des Sehnerven getroffen werden. Die Annahme dieser partiellen Compression erscheint paradox, da doch in dem geschlossenen Raum des Auges der Druck gleichmässig nach allen Seiten sich vertheilen muss. Indess das Factum, dass bei hohem Glaskörperdruck, der sich durch das Vorrücken des Linsensystems unzweifelhaft manifestirt, nicht allein die Venen der Netzhaut, sondern alle Chorioidealgefässe stark ausgedehnt und mit Blut angefüllt nach der Exstirpation gefunden werden, lässt sich nicht leugnen und bedarf der Erklärung. Donders Versuche zwar, welche den Effect eines von aussen her wirkenden Drucks untersuchen, geben ein anderes Resultat. Er sagt indess (l. c. S. 100): „Bei noch stärkerem Drucke wird die Diastole der Arterien immer kürzer und kürzer und zeigt sich schnell vorüber gehend nur noch auf einen Augenblick im Höhepunkt der positiven Welle. Hierbei nun sah ich, ganz gegen Erwarten, Ausdehnung der Venen gleichzeitig mit Ausdehnung der Arterien.“ Die Ausdehnung der Venen ist begleitet (oder gefolgt?) von Ausfluss von Blut, „wonach nur in den kleinern Venen etwas Blut zurückblieb.“ Es ist dies die einzige Stelle, an welcher ein ähnliches Verhalten erwähnt wird, wie es bei dem Glaucom, glaube ich, regelmässig vorkommt. Sonst ist nach Donders der Grad der Blutarmuth in den Venen und Arterien immer derselbe, sowohl bei stärkstem, wie bei schwächerem Drucke.

Die Wirkung eines von aussen angebrachten Drucks bewirkt Verengerung des Glaskörper-raums (?) und unmittelbar Compression aller Gefässe. Dass eine eben solche gleichmässige Compression aller Gefässe durch einen von innen her wirkenden Druck stattfinden muss, wäre nur unter der Voraussetzung richtig, dass alle

Theile des Auges von der Sclerotica nach innen leichter einem Drucke nachzugeben vermögen, als diese wenig elastische Membran. Eine Benutzung jener Versuche zur Erklärung der Erscheinungen des intraoculären Drucks liesse sich also nur rechtfertigen, wenn diese Voraussetzung erwiesen wäre. Ich werde nun eine Beobachtungsreihe mittheilen, welche gerade das Entgegengesetzte zu beweisen im Stande ist, nämlich beträchtliche Steigerung des Drucks im Glaskörper ohne besondere Erhöhung des Drucks in der vordern Augenkammer, ziemlichen Grad von Elasticität der Sclerotica und Cornea, neben grossem Widerstandsvermögen der Hyaloidea und des Glaskörpers.

Ich bin leider verhindert, augenblicklich weitere Beobachtungen zu machen, indess sind die Bedingungen des Experiments so einfach und die Resultate so klar, dass ich mich nicht zu scheuen brauche, für die Methode Verlässlichkeit in Anspruch zu nehmen.

Ich operirte so, dass ich in die Cornea eines Kalbsauges den Ludwig-Spengler'schen Hahn einbrachte, und überzeugte mich durch Steigerung des Drucks vom guten Verschluss des Hornhautschnitts. An die andere Seite des Hahns wurde ein rechtwinklig gebogenes Rohr angebracht, dessen längerer Schenkel an einer Skala befestigt wurde. Nun durchbohrte ich mit einem gewöhnlichen Explorativ-Troikar den Stumpf des Sehnerven in longitudinaler Richtung, mehr bohrend als stechend, um jede Verletzung der äusseren Opticusschichten und der Glasmembran zu vermeiden. Nach beendetem Versuch zeigte sich, dass die Eintrittsstelle des Sehnerven gerade in der Mitte durchbohrt und die nächste Umgebung des kleinen Lochs ganz unversehrt war. Es ist dies sehr erklärlich, da hier die starre Glasmembran gar nicht berührt wird, sondern nur das weiche Gewebe des Centralstranges des Opticus, die Wurzel der Hyaloidea.

An Stelle des Troikars wurde dann eine zweimal rechtwinklig gebogene Röhre eingeführt, deren eines Ende etwas ausgezogen und mit einer schwachen Erweiterung versehen war, um das Zurückgleiten zu verhindern. Um den durchbohrten Opticusstumpf kam dann, dicht an der Sclerotica, eine feste Ligatur. Das andere Ende der Glasröhre wurde durch ein ganz kurzes und festes Kaoutschukröhrchen an eine heberförmig gekrümmte Röhre mit Hahn, wie sie Poiseuille zur Messung des Blutdrucks angewandt hat, befestigt. Für meinen Zweck war es ausreichend, dieselbe als einfach communicirende Röhre zu benutzen, ohne dass im auf- und absteigenden Schenkel ein Quecksilberniveau hergestellt wird.

Ich konnte durch diese Anordnung den Druck im Glaskörperraum und in der Augenkammer beliebig modificiren und bald die eine, bald die andere Röhre durch einen Hahn absperren. Die Höhe der beiden Wassersäulen wurde an derselben Skala mit einem schwach vergrössernden Fernrohr abgelesen, der Mittelpunkt des Kalbsauges lag in der Höhe des Nullpunkts.

Ich will a die Röhre nennen, welche mit der Augenkammer, b die, welche mit dem Glaskörperraum communicirt, a' und b' die entsprechenden Hähne.

Zuerst wurde das Niveau der beiden Röhren auf 75 Mm. gebracht, bei welchem Druck das Auge noch ganz weich blieb. Nach Schliessung des Hahns b' wurde die Röhre b bis auf 105 Mm. gefüllt, der Glaskörper wurde also mit einer Wassersäule von 30 Mm. überlastet. Das Wasser in a stieg in der ersten Viertelstunde nach Oeffnung der Hähne sehr rasch auf 81, also um 6 Theilstriche, und blieb während der folgenden Viertelstunde in dieser Höhe stehen; während es in b am Ende der ersten Viertelstunde auf 94, am Ende der zweiten auf 91 stand; die Bewegung in diesem Rohre wurde in der 2ten Hälfte der Beobachtungszeit so allmählig und zuletzt fast null, dass es nicht nöthig schien, die völlige Ausgleichung abzuwarten. Jedenfalls sind die Druckdifferenzen auf beiden Seiten des Linsensystems noch so gross, dass die Nothwendigkeit einer Ausgleichung schon zweifelhaft erscheinen muss. Noch mehr ist dies der Fall, wenn man den intraoculären Druck gleichmässig auf beiden Seiten steigert und dann den Glaskörper stärker belastet.

Es wurden beide Hähne geschlossen und die Niveaus auf 130 gebracht, die Hähne geöffnet: in a sank das Wasser in den ersten 3 Minuten auf 115, und blieb dort constant, während der Wasserstand in b sich gar nicht änderte. Das Sinken in a ist der Ausdehnung der Sclera und Cornea zuzuschreiben.

Nun wurden die Hähne wieder geschlossen, das Niveau in a wieder auf 130 gebracht, geöffnet, es wurde a 124, b blieb 130.

Abermals geschlossen und a nachgefüllt, geöffnet: a sank auf 127, b blieb constant.

Es wurde dies Verfahren wiederholt, bis auf beiden Seiten gleiches Niveau blieb. Dabei wurden die Schwankungen von a immer kleiner, b blieb constant, ging nur um einen Theilstrich während 35 Minuten herunter, in Folge der Verdunstung des Wassers.

Es lastete nun ein gleichmässiger Druck von 129 Mm. auf dem Auge. Nach Schliessung der Hähne wurde die Wassersäule in b auf 150 gebracht. Erst wird der Hahn a' geöffnet, das Wasser in a sank um fast einen Theilstrich, blieb dann constant. Nun wurde b' geöffnet: das Niveau in b sank in einer Viertelstunde auf 149, um einen Theilstrich. Sehr merkwürdig verhielt sich die Wassersäule, welche auf der Augenkammer lastete. Statt, wie vorher, als a und b gleiches Niveau hatten, constant zu bleiben, sank es nun in dreimal 5 Minuten um je drei Grade, stand also nach Verlauf einer Viertelstunde bei 120. Diese Erscheinung war so überraschend, dass ich einen Fehler am Apparat vermuthete. Derselbe war indess nicht nachweisbar. Eine Erklärung ist natürlich nicht zulässig, bis die That- sache durch weitere Versuche controllirt ist.

Nach Schliessung der Hähne wurde das Niveau auf beiden Seiten auf 150 gebracht, dann erst a' geöffnet, das Wasser in a blieb constant, darauf b' geöffnet, auch b blieb constant. Geschlossen a' und b', b gefüllt bis 180, erst a' geöffnet: keine Schwankung, dann b': ebenfalls Ausbleiben der Schwankung während einer Viertelstunde.

Es war somit der Höhepunkt elastischer Ausdehnbarkeit der Augenhäute eingetreten, der Glaskörperdruck konnte beträchtlich grösser sein, ohne dass Ausgleichung eintrat.

Um weiterhin die Elasticität der Sclera und Cornea, und die Widerstandsfähigkeit des Glaskörpers zu prüfen, wurde nach Schliessung des Hahns *a'* die Wassersäule in *a* auf den Stand von 75 herabgebracht; *a'* geöffnet: Steigen in dieser Röhre auf 81, Constanz in *b*.

So wenig ich geneigt bin, auf eine einzige Beobachtungsreihe viel Werth zu legen, so geht doch unleugbar daraus hervor, dass der Glaskörper unter höherm Druck stehen kann, als die übrigen Theile des Auges. A priori lässt sich erwarten, dass das Verhältniss zwischen Glaskörperraum und den Gefässen der Retina und Chorioidea dasselbe ist, dass von dem Drucke in diesen die Spannung in der Augenkammer unmittelbar abhängt, aber nicht die des Glaskörpers. Finden sich nun Zeichen gesteigerten Glaskörperdrucks, oder sagen wir lieber Volumszunahme des Glaskörpers, so genügt es nicht zur Erklärung der Ursache, die Drucksteigerung in den Gefässen heranzuziehen, man muss mit Nothwendigkeit auf eine selbstständige Erkrankung des Corpus vitreum zurückgehen, und dann bleibt nichts übrig, als den Zellen des Glaskörpers den wesentlichsten Antheil an dem Prozesse zuzuschreiben. Diese finden sich im erwachsenen Zustande an zwei Orten, einmal zwischen den Fasern der Zonula Zinnii, dann an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Von den Gefässen des Corpus ciliare wird ohne Zweifel der grösste Theil des Ernährungsmaterials bezogen. Die hier befindlichen Glaskörperzellen sind die Regulatoren dieses Zuflusses, verminderte Thätigkeit derselben muss Atrophie des Glaskörpers nach sich ziehen; die Zellen der Glaskörperwurzel scheinen bei dem geringen endosmotischen Aequivalent der ganzen Hyaloidea die einzigen Vermittler der Stoffausgabe zu sein. Ihre Vernichtung bedingt Anhäufung von Flüssigkeit, zunächst in den hintern Theilen des Glaskörperraums, Consistenzveränderung und Volumszunahme. Die Erkrankung dieser Zellen kann einmal ein seniler Prozess sein und dafür spricht die grosse Häufigkeit des Glaucoms im höhern Alter, dann kann ihre Atrophie ausgehen von anhaltender Hyperämie der sie versorgenden Gefässe des Opticus, in derselben Weise,

wie lange dauernde Hyperämie der Conjunctivalgefäße zuletzt Atrophie des Parenchyms der Conjunctiva herbeiführt.

Ich resumire schliesslich die für das Zustandekommen der Opticusexcavation wichtigen Thatsachen:

- 1) Sclera und Cornea besitzen einen nicht unerheblichen Grad von Elasticität.
- 2) Der Glaskörper besteht aus einer Substanz, welche sehr wenig compressibel, oder ausdehnbar ist.
- 3) Zunahme der Spannung im Glaskörper bedingt nicht Compression der Gefäße, daher ist Anfüllung der Chorioidealgefäße bei erhöhtem Glaskörperdruck möglich.
- 4) Atrophie und Compression der Retinagefäße an der Eintrittsstelle des Opticus tritt ein bei steigendem Glaskörperdruck. Es resultirt schwächere Füllung der Arterien, Stauung des Venenbluts vor der Compressionsstelle, und damit Arterien- und Venenpuls.
- 5) Als Ursache des gesteigerten Glaskörperdrucks muss vermuthet werden Functionsstörung der Glaskörperzellen, besonders an der Wurzel der Hyaloidea, sei es in Folge eines senilen Processes, sei es nach lang andauernder, hochgradiger Hyperämie, deren Ursachen wieder sehr verschiedene sein können, öfters ein Trauma, wie in dem ersten der beiden mitgetheilten Fälle.

(Fortsetzung folgt.)

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Normaler Sehnerv. Längsdurchschnitt. N Nervenführender peripherischer Theil. C Centraler Bindegewebsstrang mit den Gefässstämmen. a b Doppelte Scheide des Opticus. b c Sclera. c d Chorioidea; e f Nervenschicht mit Hyaloidea. g Gefäße. α Weisse Opticussubstanz. β Gelbliche Schicht der Lamina cribrosa. γ Intraocularer Theil.

Fig. 2. Aus der weissen Opticussubstanz. Längsschnitt. a Ein zwischen den Nervenfaserbündeln verlaufender Strang derben Bindegewebes. b Stärkere Querbalken. c Bindegewebsnetz mit größeren Maschen und Kerben zwischen ein Paar Nervenfaserbündeln. d Feinstes Netzwerk im Nervenfaserbündel selbst. Die Anwesenheit der Nervenfasern wird durch feine Längsstreifung angedeutet.

- Fig. 3. Aus dem gelben Theil des Opticus (sogenannte *Lamina cribrosa*). a Nervenfaserbündel, nach dem Innern des Auges zu sich verbreiternd und anastomosirend. b Maschenwerk des interstitiellen Bindegewebes. c Gegen das Auge sich vorwölbende Fasern, an der Grenze zwischen gelber und weisser Opticussubstanz.
- Fig. 4. Netzhaut an der Umbiegungsstelle der Opticusfasern. a Hyaloidea, zunächst der Eintrittsstelle des Opticus mit grossen Zellen. b Limitans, mit dem innersten Fasernetz, aus dem sich die Radiärfasern zusammensetzen. c Radiärfasern in der Nervenschicht. d Netzwerk derselben an der äusseren Grenze der Nervenschicht; an den Knotenpunkten hie und da Verdickungen (Zellen?). e Molecularschicht mit mehrfach sich verzweigender Radiärfaser und feinstem Netzwerk, das hier körnig erscheint. f Drittes Reticulum der Müllerschen Fasern zwischen Molecular- und Körnerschicht. f' Zellige Anschwellung. g Feineres Netz zwischen den beiden Körnerschichten. h Aeussere Körner, zwischen denselben die letzten Zweige der Müllerschen Fasern strahlenartig sich ausbreitend, und bei i übergehend in das vierte und äusserste Netzwerk, aus dem dann k die verzweigten Stäbchen hervorgehen.
- Fig. 5. Anfangstheil der Limitans und der Hyaloidea. h h' Hyaloidea mit ihren Zellen. l Limitans, entspringend aus den tieferen Verzweigungen des Zellsystems, aus welchem auch die Hyaloidea entsteht.
- Fig. 6. Hyaloidea von der Fläche.
- Fig. 7. Längsschnitt eines excavirten Opticus. Erstes Stadium: vorwiegend Atrophie des centralen Bindegewebes. M Seite der Macula lutea. a Bindegewebslager an der Kante der Chorioidea, welches die Opticusfasern im Bogen umkreisen. b Gefässe.
- Fig. 8. Längsschnitt eines excavirten Opticus. Zweites Stadium. Ausbuchtung der *Lamina cribrosa*. M Seite der Macula lutea. a Kante der Chorioidea. b Hauptgefässstamm. c Zweige erster Ordnung. d Anfang der weissen Substanz des Opticus.

