

XI.

Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges.

Von Dr. Klebs zu Königsberg i. Pr.

(Hierzu Taf. II.)

(Fortsetzung von Bd. XIX. S. 351).

2. Eine sehr häufig erscheinende Art der Sehnervenveränderung ist die atrophische Schrumpfung. Man kann zwei Formen derselben unterscheiden, deren eine, wie es scheint seltenere, von H. Müller im dritten Bande des Archivs f. Ophth. (Abth. I. S. 92) beschrieben ist. Dieselbe besteht in einer Atrophie der nervösen Elemente der Retina und es fehlt jedes Anzeichen einer entzündlichen Veränderung in den übrigen Theilen des Auges. Das Verhalten des parenchymatösen Bindegewebs des Opticus ist nicht mitgetheilt, jedoch lässt sich wohl annehmen, dass dasselbe ebenso wenig verändert war, wie das, nach Müller, unveränderte Bindegewebsgerüst der Retina. Der Dickendurchmesser des Sehnerven scheint ebenfalls wenig von den normalen Verhältnissen abzuweichen, was die relativen Dimensionen der einzelnen Theile des Nerven betrifft. Nach der beigegebenen Abbildung eines Längsschnitts hat vielleicht die Schrumpfung mehr den extraocularen Theil, als die Gegend der Lamina cribrosa betroffen, so dass die Querdurchmesser beider Gegenden mit einander mehr übereinstimmen als gewöhnlich, der ganze Opticus sich also der cylindrischen Form annähert. Der Schwund der nervösen Elemente macht sich am meisten bemerklich an der Uebergangsstelle zur Retina, die eine flache Grube darstellt.

Von dieser rein nervösen Atrophie des Opticus unterscheidet sich sehr wesentlich diejenige Form, welche man unter den Consecutivzuständen entzündlicher Veränderungen der innern Theile

des Auges antrifft, bei der sogenannten Phthisis bulbi. In diesen Fällen, welche viel häufiger vorzukommen scheinen, hat der Augapfel die bekannte birnförmige Gestalt, wie sie unter andern v. Ammon in seinen „Beiträgen zur pathologischen Anatomie des intra-ocularn Sehnervenendes u. s. w.“ (A. F. O. B. VI. Abth. I. S. 61) in Figur 28 abbildet. Ist der Process der Schrumpfung sehr bedeutend vorgeschritten, oder von Netzhautablösung mit Glaskörperschwund von vornherein complicirt, so erhält der Opticus eine Form, welche für diese Art der Veränderung höchst characteristisch ist. Es ist nicht nothwendig, dass in diesem Fall die nervösen Elemente vollkommen verschwunden sind, ebensowenig wie dies in abgelösten Netzhautpartien immer stattfindet; das Wesentliche ist hier die Veränderung des Bindegewebsgerüsts und die von dieser und der Verengung des Foramen opticum sclerae abhängige Formveränderung des Opticus.

Was zunächst die erstere, die Veränderung des parenchymatösen Bindegewebs betrifft, so findet man, je nachdem die entzündlichen Vorgänge bereits mehr oder weniger in der Rückbildung begriffen sind, gewisse Verschiedenheiten, deren genetischer Zusammenhang keinem Zweifel unterliegt.

In denjenigen Fällen, in denen die activen Veränderungen noch nicht vollständig der Rückbildung anheimgefallen, ist das Faser-netz, welches die Nervenfasern umspinnt und die längs- und quer-verlaufenden stärkern Bindegewebsbalken verbindet, nicht gerade bedeutend verändert. Die Fäserchen erscheinen etwas blasser, weniger lichtbrechend als im Normalzustande, die ganze Masse ist succulenter, erhärtet schwerer in Chromsäure.

Die zelligen Elemente dagegen sind vermehrt; in den größeren Balken des Bindegewebes erkennt man deutlich spindelförmige Zellen, dann auch hin und wieder mehrere Kerne, welche in Gruppen zusammengeordnet, zwischen den parallelen Fasern eingeschaltet, diese weiter auseinanderdrängen. Es versteht sich, dass es in diesem Fall nicht gut möglich ist, sich von der Existenz einer besonderen Membran um diese Gruppen von Kernen zu überzeugen.

Aehnliche Gruppen findet man in dem faserigen Netzwerk

zwischen den Balken und es sind hier entweder mehrere kleinere Kerne, welche dicht zusammen liegen oder einzelne grössere, welche, von ovaler Gestalt und oft mit mehreren deutlichen Kernkörperchen versehen, meist von einem lichten Hofe umgeben sind, von dessen äusserer Grenze die Fasernetze der intercellularen Gewebstheile entspringen. Dass man hier wirklich eine Zellmembran vor sich hat, wird dann besonders deutlich, wenn der Schnitt gerade ein solches Körperchen getroffen hat und der ziemlich lose darin liegende Kern herausgefallen ist. Man sieht dann eine helle elliptische Lücke mit scharfem Rande; von diesem Contur der durchschnittenen Zellmembran entspringen mit etwas verdicktem Anfangsstück Fasern, die sehr bald in die beschriebenen feinmaschigen Netze zerfallen.

Die grössten Durchmesser dieser Körperchen, die man also ohne Zweifel für Zellen aussprechen darf, betragen bis 0,009 Mm., während sie im Normalzustande 0,005—0,006 Mm. messen.

Das Bindegewebsstroma characterisirt sich in denjenigen Fällen, in denen keine activen Veränderungen mehr zu constatiren sind, durch eine grössere Starrheit der Fasernetze; dieselben sind nicht derber geworden, aber sie brechen das Licht bedeutend stärker. Die Körperchen sind sehr klein, bis zu 0,003 Mm. im Durchmesser, ganz rund und stark glänzend, es ist kein heller Hof, noch viel weniger eine Membran um dieselben erkennbar (vgl. Figur 1).

In anderen Fällen ist diese atrophische Rückbildung nicht soweit vorgeschritten, die zelligen Elemente bewahren eine etwas hypertrophische Form, ohne dass die Anwesenheit von Spuren activer Veränderungen hier oder in den anderen Theilen des Auges eine Fortdauer des formativen Vorganges anzunehmen gestattete. Hier sind am besten die oben bei der Beschreibung der activen Veränderungen schon erwähnten Formen, welche die Deutung dieser Körper als Zellen rechtfertigen, zu beobachten, wie sich aus der Figur 2 ergibt, welche in einem feinen Netzwerk bei a. einen dunkeln Körper zeigt, von dem direct die Fasern auszugehen scheinen, bei b. einen solchen, umgeben von einem schmalen hellen Hof und bei c. eine elliptische Lücke mit scharfem Contur, an dem sich die Fasern mit breiterer Basis ansetzen.

Die Zellen sind auch hier ziemlich bedeutend vergrössert, die kleinsten messen 0,006 Mm., die grössten 0,007 Mm. Bei d. ist ein Stück von einem Capillargefäss gezeichnet, das vielleicht durch den etwas verlängerten Kern mit 2 Kernkörperchen eine ähnliche Veränderung andeutet, wie sie die Zellen des Stroma zeigen.

Die Gestaltveränderungen des Opticus lassen sich, wie oben erwähnt, auf die parenchymatösen Veränderungen und auf die durch Schrumpfung der Sclera und Chorioidea herbeigeführte Verengering des Sehnervenloches zurückführen.

Wenn das erste Stadium der beschriebenen Parenchymveränderungen sich complicit mit beginnender Schrumpfung der Sclera, so werden die Unterschiede im Dickendurchmesser in der Gegend der Lamina cribrosa und ausserhalb derselben bedeutender, als im gesunden Zustande. Nach der von uns in dem ersten Abschnitt gewählten Bezeichnung wird der Scleralwinkel, d. h. die Neigung der Grenzen des Opticus auf dem Längsschnitt grösser mit Abnahme des Chorioidealwinkels.

Wenn nun eben consecutive Schrumpfung des Opticusparenchyms eintritt, vermindert sich auch der Scleralwinkel; die innere Oberfläche der Chorioidea und die äussere des Opticus stellen dann 2 annähernd gleich spitze Kegel dar, die mit ihren Spitzen in der Richtung der gemeinschaftlichen Achsen in einander hineingeschoben sind, und es fällt hier demnach, wenigstens in exquisiten Fällen, die seitliche Verschiebung des Opticus fort, wie sie in den höheren Graden der Opticusexcavation stets vorhanden ist (vgl. Fig. 3).

Der Centralkanal ist am schmalsten innerhalb des For. opticum, erweitert sich nach aussen hin, ohne dass jedoch die Gefässe, wenigstens in den von mir untersuchten Fällen, besonders verengert werden. Das Engerwerden des Kanals geschieht auf Kosten des ausfüllenden Bindegewebes.

Zu erwähnen ist schliesslich noch die veränderte Lagerung der von der Sclerotica in die Lamina cribrosa eingehenden Bindegewebsfasern. Während dieselben (s. dieses Archiv, B. 19, S. 328) von der äusseren Seite der Sclerotica her, also von dem Vereinigungspunkt der beiden Opticusscheiden, einen im normalen Zustande etwas dem Auge zu bogenförmigen Verlauf nehmen, ist in

diesem Falle von der andringenden Sclerotica her die ganze Faser-masse so auseinandergedrängt, dass sie auf dem Längsschnitt eine fächerartige Figur bildet: die oberen Fasern steigen nach oben hinauf, die unteren gehen nach unten, während die mittleren senkrecht gegen die Längsachse des Opticus verlaufen.

Die Nervenfasern sind in Fällen hochgradiger Atrophie vollständig verschwunden, die Balken und feinen Netze, welche die einzelnen Complexe von Fasern und die Fasern selbst umspinnen, treten deutlicher hervor und so sehen wir, wie so häufig, Atrophie der die Function eines Organes vermittelnden Gewebsbestandtheile neben sclerotischer Hypertrophie des parenchymatösen Bindegewebes. Die Chorioidea, welche in der Figur nicht gezeichnet ist, war am Rande des Opticus stellenweise in weiter Ausdehnung ossificirt, die Retina überall von der Chorioidea abgelöst, und es bildete dieselbe einen Trichter, dessen Wandungen dicht aneinander gelagert waren. Vom Glaskörper konnte keine Spur nachgewiesen werden.

III. Die vorderen Abschnitte der inneren Augenhäute.

Nachdem H. Müller die circulären Muskelfasern des Ciliarkörpers entdeckt und die Theorie der Accommodation gemäss den neu gewonnenen anatomischen Thatsachen einer Revision unterworfen hatte, blieb es gleichwohl ein sehr wesentliches Desiderat, die Lage der einzelnen Theile, welche bei diesem Process in Betracht kommen, in ihrer gegenseitigen Beziehung festzustellen, und dieser mühsamen und verdienstvollen Untersuchung verdanken wir die Zeichnung eines Durchschnittes vom Auge, die, wie es scheint, so treu die natürlichen Verhältnisse wiedergiebt, wie keine zuvor. Die Abhandlung von Arlt, welcher dieselbe beigegeben ist (Arch. f. Ophth. B. III. 2.), liefert den Beweis für die Sorgfalt der Untersuchung und die Genauigkeit der Darstellung. Nichtsdestoweniger ist ein Einwurf zu erheben, der nicht den Werth der Arbeit verringert, aber gewisse Correctionen, wie mir scheint, unbedingt nothwendig macht. Fragt man nämlich, wie weit die Veränderungen, welche nach dem Tode eintreten, berücksichtigt sind, so ist auffallend, dass derselben nur sehr kurz gedacht wird (S. 101). „Es

ist nicht wahrscheinlich, dass der Collapsus nach dem Tode so viel betrage, dass die Ciliarfortsätze sich so weit, als man es im Tode findet, von der Linse zurückziehen könnten." Es wird dann auseinandergesetzt, dass der Augenschein bei iridectomirten Augen und das Vortreten der Linse nach Abfluss des Kammerwassers die Annahme eines ziemlich breiten Stückes Zonula zwischen Ciliarkörper und Linse nothwendig machen. — Ich will nicht untersuchen, welche Verhältnisse unter diesen Bedingungen sich geltend machen, um nicht in das weite Gebiet der Hypothesen zu gerathen; ich stimme vielmehr mit Arlt vollkommen überein, dass es nicht der Collapsus der Ciliarfortsätze sein könne, welcher eine Retraction des Ciliarkörpers veranlasst. Die Gefässe findet man sehr häufig vollständig mit Blut erfüllt, und doch ist der Zwischenraum zwischen den Firsten der Ciliarfortsätze und der Linse schon zweifellos vorhanden; die Muskeln können natürlich gar nicht in Betracht kommen. Die Retraction der Ciliarfortsätze kann mithin nicht die Ursache etwaiger Formveränderungen nach dem Tode sein, da sie wahrscheinlich gar nicht existirt. Dass man sie leugnet, beweist aber noch nicht, dass todttes und lebendiges Auge in Allem übereinstimmen.

Wir wissen zunächst nach den Untersuchungen von Helmholtz, dass die Veränderung des Durchmessers der Linse von vorn nach hinten bei stärkster Accommodation für die Nähe noch nicht diejenige erreicht, welche nach dem Tode eintritt. Krause fand in todtten Linsen diesen Durchmesser von 4,05 bis 5,4 Mm., Helmholtz nach einer bessern Methode zwischen 4,2 und 4,3 Mm.; derselbe bestimmte die Dicke der lebenden Linse zu 3,5 bis 3,8, Knapp*) an vier Augen zu 3,6 bis 3,9 während der Ruhe; zu 4,2 bis 4,8 Mm. während der Einstellung für die Nähe. Wir sehen also, dass auch die kleinsten Werthe für die todtte Linse die grössten übertreffen, die für das ruhende Auge direkt gefunden sind, und zwar nach einer Methode, die sicher keinen Fehler von $\frac{1}{2}$ Mm. zulässt, wie Helmholtz selbst versichert und wie die Messungen seines Schülers beweisen.

*) Arch. f. Ophth. VI. II. S. 41.

Während der Accommodation für die Nähe ist nur einmal derselbe Durchmesser von Knapp grösser gefunden worden, als die von Helmholtz für das todte Auge gefundenen Werthe, dagegen noch immer um 0,6 Mm. kleiner als der grösste der von Krause angegebenen.

Wir können also mit noch grösserer Sicherheit, als es Helmholtz gethan, schliessen, „dass sich die Dicke der Linse nach dem Tode vergrössert.“

Es liegt die Vermuthung nicht fern, dass diese Dickenzunahme auf Kosten des Breitendurchmessers geschieht; und wenn sich diese Vermuthung auch nicht exact beweisen lässt, so wird sie doch dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Dickenzunahme sehr bald nach dem Tode ihr Maximum erreicht, dass also wohl schwerlich Imbibitionsvorgänge, cadaveröse Veränderungen oder dergl. mitwirken.

Wir können ausserdem annehmen, dass die Abnahme des Breitendurchmessers grösser sein wird, als die Zunahme in der Dicke, wachsend mit der Differenz zwischen beiden Durchmessern. Die Zunahme des Dickendurchmessers von $\frac{1}{2}$ Mm., wie sie Helmholtz statuirt hat, wird also mindestens nicht zu gross sein für die Abnahme an der Peripherie der Linse.

Wenn wir uns also in der Arlt'schen Durchschnittszeichnung Fig. VI. (bei vierfacher Vergrösserung) die Linse jederseits um 2 Mm. breiter und ihre vordere Fläche um 1—2 Mm. zurückgerückt denken, so werden die Verhältnisse sicherlich besser denen des lebenden Auges gleichen. Dann werden die Spitzen der Ciliarfortsätze bis an den Linsenrand reichen, in einer Ebene, die wahrscheinlich ein wenig vor demselben liegt, sowie man es an Augen frisch getödteter Thiere meistens sieht, wenn man die Hornhaut fortschneidet, die Iris in radiärer Richtung einschneidet und stückweise aufhebt und umlegt.

Die hintere Kammer ferner, welche Arlt sehr gross zeichnet, wird bedeutend enger werden, wahrscheinlich ganz verschwinden. Der in todtten Augen oft recht deutliche Petitsche Canal wird durch den seitlich weiter vorrückenden Linsenrand ausgefüllt.

Es hat demnach die Linse nach dem Eintreten des Todes

nahezu diejenige Form angenommen, welche sie beim Nahesehen erhält, während die Lagerung der Muskeln dem fernsehenden Zustand, der Ruhelage derselben entspricht.

Die Ursache, welche die Linse während der Ruhe in der abgeplatteten Form erhält, soll nach Helmholtz die Spannung der Zonula Zinnii sein, und diese Annahme ist allgemein acceptirt *).

Es fragt sich nun, welchem Umstande das verhältnissmässig schnelle Nachgeben dieses Haltbandes der Linse nach dem Tode zuzuschreiben ist.

Es steht diese Erscheinung in directem Widerspruch mit der Form der Linse während der Ruhe, es müssen in dem ersteren Fall also andere Umstände zu der Inactivität der Muskeln hinzukommen, und es können dieselben nur in einer sehr schnell eintretenden Elasticitäts-Verminderung der Zonula oder in der Veränderung ihres hinteren Ansatzpunktes vermuthet werden.

Die Aenderung der Elasticität der Zonula ist wohl sehr unwahrscheinlich, da alle Gewebe ähnlicher Art gerade einen grossen Widerstand gegen die Einflüsse zeigen, welche den cadaverösen Zerfall einleiten oder beschleunigen. Annehmbarer dagegen erscheint eine Verschiebung der Ora serrata. Man hat immer angenommen, dass an den hinteren Enden der Ciliarfortsätze, da wo die eigentliche Retina übergeht in die Schicht grosser Zellen, welche den Ciliarkörper auf seiner inneren Oberfläche überzieht, der Zusammenhang der inneren Augenhäute mit der Zonula ein sehr inniger sei. Hr. Müller schildert ein Drittes, am meisten nach

*) Eine Brochüre von Dr. Happe: „Die Bestimmungen des Sehbereichs und dessen Correction, nebst Erläuterungen über den Mechanismus der Accommodation“, die, wie es scheint, unter v. Gräfe's Auspicien gearbeitet ist, kommt mir so eben zur Hand. Ich erwähne derselben, weil Verf. das Zustandekommen der Accommodation vermittelst Erschlaffung der Zonula leugnet. Er sagt (S. 45): „Die Spannung der Zonula übt gemäss ihrer Anheftung einen Druck gegen den Aequator der Linse aus, in Folge dessen der Dickendurchmesser derselben zunimmt.“ Es ist wirklich schwer einzusehen, in welcher Weise eine solche mechanische Wirkung zu Stande kommen soll. Doch erklärt sich einigermaassen diese sonderbare Annahme, wenn man die falschen Prämissen berücksichtigt, von denen Hr. Happe ausgegangen, so die Annahme einer „Vorwölbung der Cornea“ und eines Druckes von Seiten des Glaskörpers, der, ohne Zonula, „nothwendig zu einer Locomotion der Linse führen müsste.“

Aussen gelegenes Blatt der Zonula, welches den ganzen Ciliarkörper bis zur Iris überzieht und fest umschliesst, an diesem Punkte aber mit den übrigen Blättern, die vorn den Petitschen Canal umschliessen, sich vereinigt. Ich kann dieser Schilderung nicht ganz beistimmen, glaube vielmehr, dass ein grosser Theil der Zonulafasern aus der grosszelligen Retinaschicht entspringt, den Radiärfasern der eigentlichen Retina entsprechend. Ich komme auf diesen Gegenstand zurück; jedenfalls ist soviel klar, dass, mag man die anatomischen Verhältnisse in dieser oder jener Weise deuten, hier die Verschiebung der Zonula, oder vielmehr eines Theiles derselben gegen die unterliegenden Ciliarkörper null sein muss. Die Längsfasern des Ciliarmuskels, der eigentliche Tensor chorioideae, müssen diesen Punkt mit dem Ciliarkörper nach vorn verschieben, wenn die Chorioidea oder speciell deren tiefere Theile einem solchen Zuge nachzugeben im Stande sind. Es wird also gleichzeitig mit der Erklärung der Linsenveränderung nach dem Tode der alte Streit über die Verschiebbarkeit der beiden Ansatzpunkte des Tensor, welche Hr. Henke neuerdings beide für immobil hält (Arch. f. Ophth. B. VI, II. S. 67), erledigt werden müssen.

Derselbe lässt sich a priori kaum entscheiden, und das Experiment wird wahrscheinlich sehr zweifelhafte Resultate geben, wenn es sich darum handelt, die relative Dehnbarkeit der Wandungen des Canalis Schlemmii und der Chorioidea festzustellen. Sollten wirklich beträchtliche Unterschiede derrart in beiden Theilen sich herausstellen, so bliebe es doch noch sehr zweifelhaft, wie die Bewegungserscheinungen sich gestalten, da erstens die bewegende Kraft der Muskelfasern, welche zwischen beiden Punkten ausgespannt sind, zu ermitteln bliebe, und zweitens eine etwaige Bewegung des vordern Ansatzpunkts nicht allein von diesen longitudinalen Muskelfasern, sondern auch von den nach Innen, gegen die Oberfläche des Corpus ciliare divergirenden, abhängen würde.

Wenn man eine Vermuthung wagen darf, so wäre ich geneigt, anzunehmen, dass die Dehnbarkeit der Chorioidea nur eine sehr beschränkte sein kann, hauptsächlich wegen ihres innigen Zusammenhanges mit der Choriocapillaris. Dies schliesst aber keineswegs die Möglichkeit einer Grössenveränderung ihrer Oberfläche

aus, welche ebensowohl durch eine veränderte Füllung der zahlreichen Blutgefässe veranlasst werden kann und nothwendig veranlasst werden muss, wie dieses in den Schwellkörpern des Penis geschieht. Es ist mit Sicherheit vorauszusetzen, dass bei leeren Gefässen, indem die Wand derselben zusammenfällt, die ganze Fläche der Chorioidea vergrössert werden müsse, und dass demgemäss die im normalen Zustande sehr vollständige Entleerung der Gefässe nach dem Tode das Verrücken des hinteren Ansatzpunktes der Zonula gestattet, also die Linse unter einen während des Lebens nie zu erreichenden minimalen Druck kommt. Sie dehnt sich dann eben so aus, wie bei der accommodativen Ortsveränderung der Zonula, nur in einem grösseren Maasse.

Es blieb die Aufgabe, nachzuweisen, dass, nach aufgehobener Muskelthätigkeit, Veränderung der Blutfülle in den Chorioidealgefässen wirklich eine Locomotion der vorderen Linsenfläche veranlasst. Ich verfuhr zu dem Zwecke folgendermaassen:

Einem Kaninchen wurde durch Atropin die Iris möglichst erweitert; dann dasselbe durch Opiuminjection betäubt; die Carotiden wurden freigelegt, ein Faden unter beiden durchgeführt und dessen Enden an einem Schlingenschnürer befestigt; ein starkes Band dann so um den Hals gelegt, dass nur Trachea, Carotiden und die Vagi ausserhalb desselben liegen blieben, und seine Enden auf dem Nacken in einem losen Knoten vereinigt. Dann wurde das Thier auf zwei Klötze gelegt, in der gewöhnlichen sitzenden Stellung, der Kopf kam auf einen höheren Klotz zu liegen und wurde seine Stellung noch durch mehrere starke Nadeln, welche jederseits dicht an demselben in das Holz gesteckt wurden, sowie durch ein um den Hinterkopf gelegtes Band, gesichert. Von der Seite her konnte man nun bequem mittelst des Schlingenschnürers die Carotiden comprimiren, durch Zuziehen der anderen Schlinge den Rückfluss des Blutes aus dem Kopfe hemmen, ohne dass eine merkliche Veränderung der Stellung des Auges, von der man sich leicht durch das Fadenkreuz des Ophthalmometers hätte überzeugen müssen, eintrat. Von vorn her fielen auf das Auge des Kaninchens die Strahlen einer sehr hellen, schmalen Photogenflamme, deren Reflexbilder mittelst des Ophthalmometers beobachtet wurden.

Indem ich die Flamme dem beobachteten Auge möglichst näherte und für das Ophthalmometer die für mein Auge geringste Entfernung von demselben wählte (beiläufig 32,3 Cm. von der Mittellinie der das Fernrohr tragenden Säule gerechnet) erzielte ich eine genügende Lichtstärke. Die Platten des Instruments wurden immer soweit um die Axe des Fernrohrs gedreht, dass bei der Verschiebung der Doppelbilder ihre Spitzen aufeinander gestellt werden konnten.

Die Stellung der Flamme und des Ophthalmometers wurde so geregelt, dass das Bildchen der vordern Linsenfläche etwas jenseits der Mitte der Pupille erschien; auf das Hornhautbildchen wurde das Fadenkreuz eingestellt.

Die inneren Doppelbilder von Hornhaut und Linsenfläche standen übereinander:

1) Bei freiem Kreislauf, wenn die Platten gedreht wurden, um 35 bis 36°.

2) Nach Compression der Venen bei einer Drehung um 37, dann 40°.

Länger dauernde Compression verursachte stärkeren Exophthalmus. Es wurden nur die Werthe bei geringerer Locomotion des ganzen Bulbus berücksichtigt.

3) Nach Wiederherstellung der Circulation sank der Werth der Drehung fast augenblicklich auf 34°, also etwas unter die normale Entfernung der Bilder; eine ganze Reihe von Messungen ergab nur sehr unbedeutende Abweichungen von diesem Werth.

4) Wurden nun die Carotiden comprimirt, so traten schon bei Drehung der Platten um 32° die Doppelbilder über einander, sehr bald war aber eine grössere Drehung nothwendig, von 35 bis 36°.

5) Wurde die Circulation nun wieder freigegeben, so musste die Drehung der Platten auf 37° gebracht werden.

Es fragt sich nun, ob diese verschiedenen Werthe des Drehungswinkels zur Bestimmung der Distanceveränderung der beiden Bilder verwandt werden können. Die von Helmholtz angegebene Formel zur Berechnung der Entfernung gilt nur für weiter entfernte Objecte mit hinreichender Genauigkeit. Wie weit ich dieselbe und die vermittelt derselben gewonnenen Werthe für eine

Entfernung von nur 32 Cm. benutzen durfte, suchte ich durch directe Messung an einer Millimetertheilung mit Nonius zu bestimmen. Danach entsprachen Drehungen um 25° einer Entfernung der Bilder von 1 Mm., um 40° einer Entfernung von 2 Mm.; die entsprechenden Werthe der nach den Helmholtz'schen Angaben berechneten Tabelle sind: 1,0049 und 1,8771 Mm. Für 35° ist der berechnete Werth 1,5750 Mm., derselbe erforderte bei directer Beobachtung eine Winkeldrehung von $35,8^\circ$. Die Werthe der Tabelle genügen also für eine annähernde Bestimmung der relativen Lage des Linsenbildchens unter den verschiedenen, oben angegebenen Bedingungen.

Annäherungsweise haben wir die Entfernung der Bilder:

unter normalen Verhältnissen . . 1,57 bis 1,63 Mm.

bei Hemmung des Rückflusses . . 1,69 bis 1,88 Mm.

nach Freigeben desselben . . . 1,52 Mm.

nach Compression der Carotiden,

zuerst 1,4 Mm.

dann sehr bald 1,57 bis 1,63 Mm.

nach Freigeben der Circulation . 1,69 Mm.

Ich halte mich daher für berechtigt, den Satz auszusprechen:

„Die Lage der vorderen Linsenfläche hängt, abgesehen von allen übrigen Bedingungen, von der Füllung der Gefäße des Auges, wahrscheinlich zumeist der Chorioidea, ab.“

Entleerung der Gefäße gestattet ein Vortreten derselben, starke Blutfülle ist begleitet von einem Zurücktreten. Ausserdem halte ich es für wahrscheinlich, dass diese Locomotion des Linsenscheitels durch eine Ortsveränderung des hinteren Ansatzpunctes der Zonula vermittelt wird. Die Entleerung der Gefäße gestattet der Linse, sich der runden Form anzunähern, oder: bei Aufhebung des Drucks der Zonula dehnt sich die Linse im Durchmesser von vorn nach hinten aus.

Dass diese Ursache der Formveränderung der Linse für die Accommodation nicht zu verwerthen ist, versteht sich nach den Arbeiten von Helmholtz von selbst. Jedenfalls compensiren unter gewöhnlichen Verhältnissen die Zugkräfte der Muskelfasern vollständig die Variationen in der Anfüllung der Gefäße. Indess lassen

sich vielleicht einzelne Erscheinungen auf die letztere zurückführen. So ist es eine Erfahrung, welche ich sehr häufig an mir selbst gemacht, und die mir von Vielen bestätigt ist, dass bei anhaltendem Mikroskopiren die Objecte plötzlich kleiner erscheinen. Es tritt diese Erscheinung nur dann ein, wenn die, längere Zeit eingehaltene gebückte Stellung, ein Gefühl der Ermüdung hervorruft, das sich sehr wesentlich von demjenigen unterscheidet, wie es nach bedeutenden Anstrengungen des accommodativen Apparats eintritt. In diesem Falle ist der letztere vollständig ausser Thätigkeit gesetzt, an seine Stelle ist das Auf- und Abschieben des Mikroskopkörpers getreten. Die Erscheinung der Ermüdung des Auges hängt hier deshalb nicht vom Muskelgefühl ab, und es wird dieses noch dadurch deutlicher, dass die Ausgleichung der Störung bei veränderter Haltung sehr schnell, fast augenblicklich eintritt, während bei fortdauernder gebückter Haltung die Verkleinerung des Seh winkels durch längere Zeit erhalten werden kann. Es wird daher mit einer grossen Wahrscheinlichkeit diese eigenthümliche Erscheinung auf eine Formveränderung der Linse, und zwar auf eine Verminderung der Dicke, in Folge stärkerer Anfüllung der Chorioidealgefässe zu beziehen sein. Ein Undeutlichwerden der Objecte habe ich deshalb nicht beobachten können, weil bei der vollständigen Ausschliessung der Accommodation, wie sie jeder geübtere Mikroskopiker sich aneignet, jeder Veränderung des Bildes fast unwillkürlich durch eine Drehung der Mikrometerschraube begegnet wird.

Ist diese Erklärung richtig, so ist allerdings die Möglichkeit vorhanden, dass die durchsichtigen Augenmedien unter gewissen Umständen weitsichtiger gemacht werden können, als sie es im Ruhezustande sind. Ob dies ebenso, wie durch stärkere Anfüllung der Gefässe, auch durch die Binnenmuskeln erreicht werden kann, hängt wesentlich von der Auffassung über die Anordnung derselben ab *).

Nimmt man mit H. Müller nur Längs- und Querfasern

*) Von der Verlängerung der optischen Axe durch die gemeinschaftliche Wirkung der äusseren Augenmuskeln sehe ich hier ab, als von einer noch zu beweisenden Annahme.

an und leugnet man die fächerförmige Anordnung der Fasern auf dem Medianschnitt des Auges, so kann von einer Benutzung der anatomischen Thatsachen für die negative Accommodation (Th. Weber) nicht Gebrauch gemacht werden. Ich muss mich indessen für die in der oben citirten Arbeit von Arlt mitgetheilte Darstellung des Faserverlaufs von Dr. Lambl erklären, denn man sieht schon bei schwächerer Vergrößerung auf allen Längsschnitten radiär verlaufende Züge, die vom Canalis Schlemmii nach innen ausstrahlen gegen die Oberfläche des Ciliarkörpers. Bei der Analyse des Objects unter stärkerer Vergrößerung kann man mit Sicherheit glatte Muskelfasern erkennen, welche in derselben Richtung verlaufen. Mit Carmin imbibirte Präparate zeigen dies Verhältniss noch deutlicher. Diese Faserzüge gehn, in verschiedenen Richtungen sich kreuzend, nach Innen in die Oberfläche der circulären Schicht über.

In dem Präparate, von welchem Fig. 4. eine treue Abbildung ist, waren die radiären Fasern sehr deutlich, die querdurchschnittenen circulären weniger. Arlt leugnet, dass die vordersten jener in die Iris umbiegen und sucht dies durch die Bemerkung zu belegen, dass diese Faserzüge nie ihre Concavität nach vorne wenden, vielmehr immer, auch in den vordersten Theilen des Ciliarkörpers mit den Enden sich mehr nach hinten wenden. Der Dilator pupillae steht also, wie es auch Köl liker darstellt, in keiner näheren Verbindung mit dem Ciliarmuskel.

Ich habe die Arltsche Schilderung in vielen Fällen bestätigt gefunden, aber es fanden sich immer einzelne Präparate, welche deutlich ein Umbiegen der vorderen Fasern des Ciliarmuskels zur Iris erkennen liessen und zwar solche, welche den mittleren Theil der Ciliarfirsten enthielten, so dass ich glaube, dass die feinen Erhebungen, welche von diesen aus auf die Hinterfläche der Iris übergehn die Stellen andeuten, an denen Muskelfasern des Corpus ciliare zur Iris umbiegen.

Um das Verhältniss der Muskelfasern zu den Vorsprüngen und Falten der innern Oberfläche des Ciliarkörpers zu verstehn, ist es nöthig, das Verhalten der Choriocapillaris in ihrem vordern Abschnitt zu verfolgen. Deutlicher als an den hinteren Theilen der

Chorioidea erkennt man am vorderen, vor der Ora serrata gelegenen, an feinen Segmenten durch die Dicke der Haut die feine, scharfe Linie, welche dem Durchschnitt der Choriocapillaris entspricht. Dieselbe liegt hier nicht nur mittelbar unter dem Pigmentepithel der Chorioidea, sondern entfernt sich von demselben nach vorn zu immer mehr, bis sie da, wo die ersten gyrus-ähnlichen Erhebungen an der Oberfläche des Ciliarkörpers beginnen, ziemlich plötzlich aufhört. Zwischen beiden Schichten liegen weite Gefässe, die nicht immer den capillären Character haben, und Bindegewebsnetze, deren Fasern mit breiten Enden in die elastische Membran aufgehen, ganz ähnlich, nur gröber, wie die Radiärfasern der Retina sich zur Lamina elastica interna und externa vereinigen. Fasern vom Chorioidealstroma treten in ähnlicher Weise zur äusseren Fläche der Lamelle; dieselbe wird nach vorn zu immer dünner, bis schliesslich die Fasern des Stroma und der Choriocapillaris unmittelbar ineinander übergehen. Wir haben also den directen Uebergang zuerst einer elastischen Membran zu bindegewebsartiger Formation, dann den der letzteren zu dem Gewebe, das die Grundmasse der Chorioidea bildet, und das ich nicht anstehe, in eine Kategorie mit dem lockigen Bindegewebe zu stellen, in welches es, in der Iris z. B. übergeht. In den vorderen Theilen geht also das Stromagewebe unmittelbar bis zur Pigmentzellenschicht. Die oberflächliche Lage desselben ist besonders reich an weiten Gefässkanälen, sie bildet die Grundlage der Windungen und Vorsprünge der Ciliarfortsätze, ihre untere Grenze gegen die Muskelschichten hin wird durch eine Reihe von Pigmentzellen bezeichnet, deren Lage der hier nicht mehr vorhandenen elastischen Membran der Choriocapillaris entspricht (s. Fig. 4.).

Für die Bewegungen des Ciliarkörpers ist, wie aus dem früheren hervorgeht, das Verhalten der Zonula Zinnii von Wichtigkeit. H. Müller rechnet sie vollständig der Hyaloidea zu und lässt die innige Verbindung zwischen ihr und der Oberfläche des Ciliarkörpers durch ein drittes, äusseres Blatt derselben, welches der letztern eng anliegt und mit ihr auf die Iris übergeht, vermittelt werden. Ich habe mich auf der der Iris zugekehrten Fläche des Ciliarkörpers nie von der Anwesenheit anderer, als epithelialer

Elemente überzeugen können, weiter nach hinten dagegen sieht man auf Längsschnitten ausser den geradeswegs nach vorn verlaufenden Zonulafasern andere, welche, der Oberfläche des Ciliarkörpers dicht anliegend, allen Vertiefungen derselben folgen, auf Querschnitten haben dieselben oft einen vollständig queren Verlauf. Dies ist jedoch nur scheinbar, denn bei Betrachtung von der Fläche her überzeugt man sich, dass querverlaufende Fasern nur im innersten, dem Glaskörper anliegenden Blatt der Hyaloidea als quere Anastomosen der von O. Weber beschriebenen und als Zellen angesprochenen fötalen Gefässreste, und ausserdem dicht vor der Ora serrata als ein schmaler Gürtel vorkommen. Die eigentlichen Zonulafasern gehen in ihren vorderen Theilen alle gerades Weges von vorn nach hinten, in der Nähe ihres hinteren Endes aber biegen sie von dieser Richtung ab; die zwischen den Höhenzügen der Ciliarfortsätze gelegenen Fascikel strahlen hinter denselben, im glatten Theil des Ciliarkörpers pinselförmig aus; die auf den Ciliarfirsten befindlichen verhalten sich ganz ähnlich, indem sie, besonders im hinteren Theil derselben von der Mittellinie nach den Seiten hin divergiren. Diese letzteren sind es, welche auf Querschnitten durch den Ciliarkörper den täuschenden Eindruck von Querfasern machen.

Das Verhalten der hinteren Endigungen der Zonulafasern er giebt sich, wenn man die Anordnung der Theile in der Pars anterior retinae berücksichtigt. Nach der Ora serrata zu nimmt die eigentliche Netzhaut sehr rasch an Dicke ab, die radiären Fasern werden immer kürzer, setzen sich mit sehr verbreiterten Enden jederseits an ihre Laminae elasticae an, die letzteren nähern sich demgemäss nach der Ora serrata zu, aber sie erreichen sich nie, indem sie sowohl, wie die Stäbchenschicht hier aufhören und von den bekannten Cylinderzellen ersetzt werden, die, zunächst der Ora von beträchtlicher Höhe, nach dem vorderen Theil des Ciliarkörpers zu sich abflachen und endlich in die platten Zellen, welche die hintere Fläche der Iris überziehen, continuirlich übergehen. Dieser Uebergang von einer ausgesprochenen Bindegewebsformation zu Epithel geschieht indess nicht plötzlich, es finden sich vielmehr Uebergänge, die beweisen, dass es sich hier nicht blos um Appo-

sition verschiedenartiger Gewebe handelt, sondern um ein Substitutionsverhältniss zwischen zwei Geweben, deren Verwandtschaft in der letzten Zeit wieder fraglich geworden war, seitdem die Billroth-Heidenhainschen Entdeckungen des Zusammenhanges von Bindegewebs- und Epithelzellen von vielen Seiten in Frage gestellt wurden.

Hier ist das Verhältniss folgendes: In den hinteren Partien des Ciliarkörpers, der glatten Zone desselben, haben die Zellen des Retinaüberzuges eine langgestreckte, ovale Form, weder ihr äusseres, noch inneres Ende sind abgeplattet, wie sonst bei epithelialen Cylinderzellen. Alle haben einen deutlichen runden Kern und einen trüben Inhalt, der meistens die Beobachtung sehr erschwert. Beim Menschenauge fand ich nun an günstigen Präparaten, dass aus dieser Zellenlage eine Masse sehr feiner Fasern hervorkomme, die sich der Oberfläche gleich nach ihrem Austritt anlegen und nach dem Linsenrande zu verlaufen. Meist haften sie der Oberfläche in ihrer ganzen Ausdehnung zu fest an, als dass irgendwie eine bestimmte Ursprungsstelle derselben angegeben werden konnte. Man konnte dann nur constatiren, dass die dem Inneren des Auges zugewandten Spitzen der Retinazellen etwas nach der Linse zu umgebogen waren.

In einem Fall, in welchem aus traumatischer Veranlassung eine Schrumpfung der ganzen Linse eingetreten war, waren die Spitzen der Ciliarfortsätze, dem Zuge nach Innen folgend, sehr in die Länge gezogen, jener Theil der Zonulafasern überall, wo er der Oberfläche nur anlag, abgelöst, dagegen fest haftend in der hinteren, glatten Zone. Man konnte hier an Längsschnitten die Fasern in die Retinazellenlage verfolgen, aber nicht entscheiden, ob sie mit den einzelnen Zellen in Verbindung treten, oder nur zwischen dieselben eingehen (s. Fig. 5).

Diese Frage erläuterte sich hinreichend an einem anderen Präparate. An einem von seinen Hüllen befreiten Glaskörper eines noch nicht ganz ausgetragenen Rindsfötus war, wie gewöhnlich beim Abziehen der Augenhäute, der Pigmentüberzug der Ciliarfirsten haften geblieben und bildete ein Anzahl radiär um die Linse gestellter, vorn breiterer, nach hinten sich allmähig verschmälernder

Streifen. Um jeden derselben war ein schmaler, gelblicher Streifen von der Retinaschicht sichtbar. Von diesen dunkeln Massen gingen nun jederseits Fasern ab, welche zu denselben sehr bald eine parallele Richtung gegen die Linse hin einschlugen. Andere Fasern kamen von weiter nach hinten gelegenen Theilen der Hyaloidea-Oberfläche und gingen zwischen den ersteren mehr geradlinig zur Linse. Zwischen diesen letzteren besonders lagen runde Zellen mit deutlichem Kern, darunter die vollständig durchsichtige Masse des Glaskörpers mit einer grossen Anzahl in dieselbe eingelagerter rundlicher, glänzender Körperchen, deren Grösse lange nicht die des Kernes der Zonulazellen erreichte. Untersuchte man nun die Reste der Retinaschicht, welche die pigmentirten Massen umgaben, genauer, so zeigte sich ein wesentlich verschiedenes Verhalten in den hinteren und vorderen Theilen. Zunächst dem hinteren schmalen Ende, das also dem Anfang der Erhebungen der Ciliarfirsten entspricht, waren hier nur Spindelzellen mit deutlichem Kern vorhanden und dünnen Ausläufern an den Spitzen, die sich oft weit verfolgen liessen, indem sie sich zumeist nach vorn wenden und der Oberfläche derselben Schicht sich anlegen. Weiter nach vorn hin sind die einzelnen Zellen der letzteren nicht mehr zu unterscheiden, der schmale gelbliche Saum ist erfüllt von grossen runden Kernen, sein äusserer Contur sehr scharf abgesetzt gegen die anliegenden Zonulafasern.

Es ist daher unzweifelhaft, dass ein gewisser Antheil der Zonulafasern die Radiärfasern der eigentlichen Netzhaut repräsentiren. Sie nehmen nach vorn zu an Anzahl ab, sind da, wo die gyrusartigen Windungen auf den Leisten der Corona ciliaris beginnen, nicht mehr nachzuweisen, von dort ab beginnt der eigentliche epitheliale Character der vorderen Netzhautpartien. Bis zu dieser Stelle findet auch Neubildung eines mehr netzhautähnlichen Gewebes statt, während auf den vorderen Theilen der Leisten bei Panophthalmitis bisweilen zusammengesetztere epitheliale Formationen angetroffen werden, Veränderungen, welche ich in dem nächsten Abschnitt dieser Arbeit ausführlicher besprechen werde.

Ein grosser Theil der Zonulafasern also, vielleicht die meisten der zur vorderen Linsenkapsel gehenden, entspringt von der zu-

nächst der Ora serrata gelegenen glatten Zone des Ciliarkörpers, ungefähr von demselben Punkte, zu dem die Längsfasern des Ciliarmuskels verlaufen, die der Sclera unmittelbar anliegen. Eine Contraction der letzteren bewegt die ersteren nach vorn, gestattet der Linse, sich zu expandiren; es werden also diese Muskelfasern ebenso sehr, wie die querverlaufenden zur accommodativen Formveränderung der Linse mitwirken, jene vielleicht unmittelbar durch den von ihnen ausgeübten Druck, diese durch das Vorwärtsrücken des hinteren Insertionspunktes eines Theiles der Zonulafasern.

Indem so aus den anatomischen Verhältnissen hervorgeht, dass ein sehr bedeutender Antheil der Längsfasern des Ciliarmuskels durch seine Contraction die Wirkung der Querfasern unterstützt, scheint es mir höchst unwahrscheinlich, dass irgend welche der vom Canalis Schlemmii radiär ausstrahlenden Faserzüge den entgegengesetzten Effect, Spannung der Zonula hervorbringen können. Die Vorwärtsbewegung der Oberfläche des Ciliarkörpers mit der Zonula wird nur in um so geringerem Maasse von ihnen abhängen, je mehr ihr Verlauf sich einer gegen die Oberfläche senkrechten Richtung annähert. Dass sie jemals wirksame Antagonisten der Querfasern werden, ist schon wegen ihrer geringeren Mächtigkeit kaum anzunehmen. Ich stimme daher mit denjenigen überein, welche für das etwaige Zustandekommen der negativen Accommodation die Mitwirkung der Binnenmuskeln des Auges ausschliessen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Atrophisches Bindegewebe des Opticus, Schrumpfung der zelligen Elemente, Sclerose der faserigen Bestandtheile.

- a Dickerer Bindegewebsbalken mit einer Spindelzelle.
- b Feines Netzwerk, das die einzelnen Nervenfasern umflieht, mit den zu kleinen glänzenden Körnern geschrumpften Zellen.

Fig. 2. Hypertrophisches Bindegewebe des Opticus. Vergrößerung der zelligen Elemente.

- a Granulirter Zellkörper, von dem die Fasernetze mit feinen Stämmchen entspringen.
- b Ein eben solcher, die granulirte Masse, der Kern, liegt nicht dem äusseren Contour der Zellmembran an.

c Ovale Lücke, leere Zellhülle.

d Capillargefäss mit einem länglichen Kern mit zwei Kernkörperchen.

Fig. 3. Längsdurchschnitt des Opticus von einem phthisischen Auge mit Netzhautablösung.

a Centraler Kanal für die grösseren Blutgefässe, nach oben hin sich verengend.

b Nervenhaltige Theile, ausserhalb der Sclera mit gesonderten Nervenfasikeln, im Foramen sclerae Divergenz der Querfasern der Lamina cribrosa nach der Medianlinie zu.

b' Abgelöste Netzhaut.

c Sclera mit einigen pigmentirten Zellen.

d Lücke, in der die theilweise verkalkte Chorioidea lag.

Fig. 4. Längsschnitt vom Corpus ciliare.

a Conjunctiva bulbi.

b Sclera. b' Cornea.

c Aeussere Längsmuskeln.

d Pigmentzellenschicht, unter derselben eine feine Linie, der Choriocapillaris entsprechend, nach vorn bis f gehend.

e Cylinderzellenschicht, der Retina entsprechend.

f Grenze zwischen der glatten und wulstigen Oberfläche der Ciliarfortsätze.

g Leiste an der Uebergangsstelle von Sclera und Cornea; der Ursprung der vorderen Irisfläche ist sehr nach hinten gerückt. Von hier verbreiten sich die muskulösen Faserzüge gegen die Oberfläche des Ciliarkörpers, dann folgen nach innen die mehr quer durchschnittenen Fasern, auf diese eige gefässreiche Schicht, die gewöhnlich einzelne sternförmige Pigmentzellen enthält, die Fortsetzung der Choriocapillaris.

h Die grösseren Fortsätze und Wülste, mit erhaltenem Pigmentüberzug und Zonula-Fasern.

Fig. 5. Corpus ciliare.

a Ora serrata, durch eine Einbiegung der Retinaschicht markirt.

b Die glatte, hintere Zone des Ciliarkörpers mit den aus der Retinaschicht stammenden Zonulafasern, die frei in der das Präparat umgebenden Flüssigkeit flottiren; dieser Theil ist etwas von der Sclera abgezogen.

c Die sehr in die Länge gezogenen Spitzen der Ciliarfortsätze.

