Der Ciliarmuskel des Menschen.

Von

Franz Eilhard Schulze,

Prosector und Professor extr. in Rostock.

Hierzu Taf. XXIV.

Unter den Objecten, die ich zur genaueren Prüfung der Wirksamkeit des von mir zur Erhärtung und Färbung thierischer Gewebe empfohlenen ¹⁾ Chlorpalladiums bisher studirte, war es zunächst der Ciliarmuskel, welcher mir mittheilungswürdige Ergebnisse lieferte.

Das Einfach-Chlorpalladium oder Palladiumchlorür Pd Cl kann man durch Auflösen von Palladiumblech in salpetersäurehaltiger Salzsäure mit nachfolgendem Abdampfen bis fast zur Trockne sich selbst darstellen. Man überzeugt sich bald, dass zum völligen Auflösen des Salzes in destillirtem Wasser eine geringe Menge freier Salzsäure nöthig ist. Um das aus der Drogenhandlung bezogene trockene Salz zu lösen, setzte ich auf ein Liter Wasser und zehn Gramm Chlorpalladium vier bis sechs Tropfen concentrirter Salzsäure zu, worauf nach 24 Stunden alles Salz gelöst war. Ich habe es bequem und nicht nachtheilig gefunden, mir eine grössere Quantität einer so concentrirten, also einprocentigen Lösung vorrätzig zu halten und diese dann beim Gebrauche nach Bedürfniss zu verdünnen. Während die Flüssigkeit bei einer Concentration von

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. Jahrgang 1867. Nro. 13.

1 : 100 dunkel-rothbraun erscheint, nimmt sie auf das Verhältniss von 1 : 800 verdünnt, eine weingelbe Farbe, etwa wie eine Chromsäurelösung von 0,2 Procent an.

Eine geringe Menge freier Salzsäure ist für das Zustandekommen der intendirten Einwirkung auf Bindegewebe und Muskeln durchaus nothwendig. Als ich eine mittelst Natron fast und eine zweite durch Natron mit Zuhilfenahme von Weinsteinsäure völlig neutralisirte Chlorpalladiumlösung benutzte, erhielt ich bei der ersten Flüssigkeit nur eine höchst schwache, bei der anderen gar keine Einwirkung auf die Gewebe in der gewünschten Richtung.

Die Anwendung der Chlorpalladiumlösung geschieht nach meinen Erfahrungen zweckmässig in folgender Weise. Handelt es sich zunächst um ein Gewebe mit reichlicher bindegewebiger Grundlage, wie wir es z. B. im Ciliarkörper und seiner Umgebung vor uns haben, so empfiehlt sich eine Concentration der Lösung von 1 : 800. In ein Quantum dieser Flüssigkeit von 30 CC. legt man ein etwa bohnergrosses Stück der frischen Gewebsmasse, nachdem man dasselbe so zugerichtet hat, dass auch wirklich die Flüssigkeit überall und besonders in das leimgebende Bindegewebe gut eindringen kann. Man wird also z. B. die Vorderhälfte eines im Aequator halbirtten menschlichen Auges nicht ohne Weiteres einlegen dürfen, sondern muss erst den anhaftenden Theil des Glaskörpers mit einigen flachen Scheerenschnitten wegnehmen, dann die Linse (deren Substanz bei der anzuwendenden Concentration der Lösung stark aufzuquellen und dadurch die ganze hintere Oeffnung des halben Bulbus zu verlegen pflegt), durch einen in der hinteren Kapselwand angebrachten Kreuzschnitt grösstentheils, d. h. bis auf die in der Kapsel zurückbleibende geringe Randschicht entfernen und noch ein mässig grosses Loch in die Cornea schneiden. Bei manchen Geweben dringt die Chlorpalladiumlösung im Gegensatze zur Chromsäure schwer oder gar nicht in die Tiefe, so vorzugsweise bei den an Bindegewebe armen dickeren Nerven, bei Gehirn- und Rückenmarksstücken sowohl weisser als grauer Substanz, bei hochgeschichteten und besonders verhornten Epithelien, wie z. B. der menschlichen Epidermis. Es wird in diesen und ähnlichen Fällen wohl die oberflächlichste Schicht erhärtet und gefärbt, unter einer solchen dünnen erhärteten Kruste kann dann aber die übrige Masse sogar unafficirt in Fäulniss übergehen. Will man daher die Einwirkung einer Chlorpalladiumlösung dieser Concentration auf eines der zuletzt genannten Gebilde

studiren, so muss man entweder sehr dünne Stücke nehmen, oder wie bei den Nerven solche Theile wählen, welche ein besonders reiches Bindegewebsgerüst besitzen, z. B. das vordere Ende des N. opticus; denn in alles Bindegewebe dringt die Lösung leicht ein. Die beabsichtigte Einwirkung des Chlorpalladiums auf die eingelegten Theile ist bei gewöhnlicher mittlerer Zimmertemperatur in zwei bis drei Tagen erreicht, wird aber bei längerem Liegen noch ein wenig kräftiger, ohne dadurch an Zweckmässigkeit zu verlieren, so dass man noch nach Wochen und Monaten die Untersuchung vornehmen kann. —

Was zunächst an den eingelegten Stücken beim Herausnehmen auffällt, ist, ausser der nach der Beschaffenheit der Gewebe leicht gelblichen bis dunkelbraunen Färbung, die eigenthümlich derbe Consistenz, welche selbst die im frischen Zustande weichen Theile annehmen. Hierdurch wird ein leichtes und sicheres Anfertigen feinsten Schnitte mit dem Rasirmesser ermöglicht. Die Gewebsmasse hat nicht das Gummiartige, Zäh der meisten in dünner Chromsäure oder Müller'scher Lösung erhärteten Theile mit bindegewebiger Grundlage, sondern ist, etwa wie ein fester Käse leicht und glatt zu schneiden, ohne dass sich die Schnittfläche verzieht.

Bei der mikroskopischen Betrachtung der so angefertigten und durch mehrstündiges Liegen in destillirtem Wasser von der überschüssigen, die ganze Masse noch durchtränkenden Palladiumlösung befreiten ¹⁾ Schnitte stellt sich nun zunächst heraus, dass die meisten Gewebe, besonders die Binde-substanzen, die Muskeln (quergestreifte wie glatte), die Gefässe und die Nerven, weniger die Epithelien, hinsichtlich ihrer feineren Structurverhältnisse in ähnlicher Weise wie nach der Erhärtung in Chromsäure und deren Salzen, gut erhalten sind, vornehmlich auch die Kerne überall scharf und klar hervortreten. Als Resultat der färbenden Einwirkung ergiebt sich, dass bestimmte Gewebstheile durch mehr oder minder intensive gelbe, bräunliche oder selbst schwarze Färbung markirt, andere durchaus ungefärbt geblieben sind. Dunkelgelb,

1) Dieses Ausspülen des überschüssigen, freien Chlorpalladiums ist deshalb nöthig, weil sich sonst nach einigen Wochen (besonders stark unter dem Einflusse des Lichtes) die ganzen in Glycerin eingelegten Schnitte, wahrscheinlich durch Ausscheiden reducirten Palladiummetalles, dunkelschwarz färben.

nach längerer Einwirkung des Chlorpalladiums hellbräunlich, findet sich überall das weiche körnige Protoplasma; ungefähr soweit es von L. Beale mit dem Namen der *germinal matter* bezeichnet wird, tingirt; so z. B. die körnige Füllungsmasse sämtlicher noch nicht völlig veränderter Epithelzellen, der körnige Inhalt aller Drüsenzellen, der geringe Rest körniger Masse, welcher sich in manchen Bindegewebskörperchen noch findet, u. s. w. Hell strohgelb, nach längerem Liegen in der Lösung dunkelgelb, erscheint die ganze Masse der glatten Muskelfasern, bräunlich gelb die quergestreiften Muskelfasern und tintenschwarz, bei geringerer Einwirkung schwarzgrau die markhaltigen Nervenfasern. Hyaline Membranen und elastische Fasern bleiben durchsichtig klar und nehmen nur eine leicht blassgelbliche Färbung an. Das Fett wird nur an den Stellen der directesten Einwirkung des Palladiumsalzes, also an den äusseren Flächen, besonders aber den Kanten und Ecken der eingelegten Stücke, dagegen nicht im Innern derselben gelblich tingirt. Vollständig ungefärbt bleibt die leimgebende Zwischensubstanz des Bindegewebes; und hierdurch eben wird das Reagens so werthvoll, um Muskelfasern und an Protoplasma reiche Zellen in ihrem bindegewebigen Stroma zu erkennen und hervorzuheben. Diese leimgebende Grundsubstanz des Bindegewebes geht indessen nachträglich noch leicht eine dauerhafte Verbindung mit gewissen Farbstoffen, z. B. Carmin, ein; was durchaus nicht der Fall ist mit den einmal durch das Chlorpalladium gefärbten Theilen, wodurch es möglich wird, die schon erreichte optische Differenzirung der Gewebe noch schärfer und deutlicher hervortreten zu lassen. Setzt man nämlich die nach dem Erhärten der Theile in der Chlorpalladiumlösung angefertigten und mit destillirtem Wasser ausgespülten Schnitte mehrere Stunden hindurch der färbenden Einwirkung einer mässig concentrirten ammoniakalischen Carminlösung aus, so wird' alle bindegewebige Grundsubstanz intensiv roth tingirt, die vorher schon gelb gefärbten Theile aber bleiben gelb und setzen sich durch den vom benachbarten Roth erhaltenen grünen Contrastschein nur noch um so schärfer gegen dieses ab.

Der ausgedehnten Anwendung dieser Erhärtings- und Färbungsmethode habe ich es nun zu danken, wenn es mir gelang, bei der Untersuchung des Ciliarmuskels manche bisher streitigen Punkte sicher festzustellen und einige noch nicht bekannte Thatsachen zu ermitteln.

Gehen wir zunächst auf den anatomischen Bau des Muskels selbst ein. Bekanntlich war es Brücke, der geleitet durch die Resultate seiner Untersuchungen über den Accommodationsapparat des Vogel- und Reptilien-Auges im Jahre 1846 beim Menschen in dem früher als *Ligamentum ciliare*, *Orbicularis ciliaris*, *Circulus ciliaris*, *Plexus ciliaris*, *Ganglion ciliare* etc. beschriebenen, in seinem wahren Wesen so verkannten hellgrauen Ringe am Vorderende der Chorioidea einen Muskel erkannte und denselben *Tensor chorioideae* nannte.¹⁾ Wie gewöhnlich, so wurde auch hier nicht das ganze anatomische Detail sofort richtig erkannt, und wir werden beim Verfolge der verschiedenen Arbeiten über diesen Gegenstand Gelegenheit haben zu sehen, wie über den Bau eines so kleinen und scheinbar einfachen Theiles nach einander die abweichendsten Angaben gemacht sind und wie erst nach und nach die Forscher zu immer vollständigeren und richtigeren Vorstellungen sich durcharbeiten konnten. Brücke fasste seine Beschreibung der Form, Lage und Insertionspunkte des Muskels in folgenden Satz:²⁾ »Seine von vorne nach hinten verlaufenden Fasern sind einerseits mit einem starken, fibrösen Fasernetz, das beim Menschen die innere Wand des *Canalis Schlemmii* bilden hilft, an der Grenze zwischen *Sclerotica* und *Cornea* befestigt, andererseits inseriren sie sich innerhalb einer ziemlich breiten Zone an den vorderen Theil der *Chorioidea*.«

Einige Jahre nach dieser ersten Entdeckung eines inneren Augenmuskels beschrieb *Max Langenbeck*³⁾ einen zweiten, welchen er abwechselnd *Compressor lentis-accommodatorius*, *Sphincter accommodatorius*, *Sphincter lentis*, *Sphincter capsulae* und *Tensor capsulae* nennt. Derselbe soll aus ringförmig geordneten glatten Muskelfasern bestehen, »welche den Rand der Linsencapsel umgeben,«⁴⁾ oder wie es an einer andern Stelle⁵⁾ heisst, »zwischen den äussersten Spitzen der *Processus ciliares* ausgespannt, ein wenig vor dem Rande der Linse auf deren vorderer Capsel liegen.« Beim Herausnehmen der Linse mit Capsel soll dieser Kreisfaserzug gewöhnlich losreißen und dann, in den durchsichtigen Raum der tellerförmigen Grube

1) Müller's Archiv 1846 p. 370 u. ff.

2) l. c. p. 377.

3) Klinische Beiträge aus d. Gebiete d. Chirurgie u. Ophthalmologie 1849.

4) l. c. p. 46.

5) l. c. p. 49.

tretend, leicht sichtbar werden, wie denn auch in der Abbildung Fig. 2 auf Taf. IV. des genannten Werkes an einem Auge natürlicher Grösse in der Ansicht von vorne einige zarte, unregelmässig ringförmige Linien nach innen von den Spitzen der Processus ciliares dargestellt sind; doch giebt Langenbeck nicht an, dass es ihm gelungen sei, in diesem Ringfaserzuge wirklich glatte Muskeln nachzuweisen.

Der Brücke'sche Muskel war inzwischen selbständig neu entdeckt und als *Musculus ciliaris* beschrieben worden von W. Bowmann,¹⁾ der übrigens ausser dem von Brücke entdeckten compacten äusseren Stratum noch andere mehr gerade nach hinten und selbst nach innen ziehende Züge beschrieb, welche an derselben Stelle, wie jene, von der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Kammer gelegenen, als eine Fortsetzung der Membrana Descemetii angesehenen Fasermasse entspringen; aber fächerförmig auseinanderweichend bis an die Processus ciliares hinanziehen und hier einzeln zugespitzt enden sollen. Die innersten dieser Muskelfaserzüge werden von Bowmann so gezeichnet, als ob sie nach vorne convexe Bogen bilden.

Die nächste selbständige und eingehende anatomische Beschreibung des Ciliarmuskels wurde alsdann im Jahre 1855 von van Reeken in seiner Inauguraldissertation²⁾ geliefert. Derselbe präcisirt die Angabe über den Ursprung des Muskels dahin,³⁾ dass sich die hyaline Membrana Descemetii an ihrem peripherischen Rande in eine Fasermasse auflöst, an welcher sich verschiedene lamellöse Lagen (platten) unterscheiden lassen; die äussersten und mittleren derselben sollen hie und da auseinanderweichend spaltförmige Lücken zwischen sich lassen, als deren grösste der Canalis Schlemmii angesehen wird. Während die äusseren Faserlagen an der Aussenseite des Canalis Schlemmii vorüberziehend ganz in die Sclerotica übergehen, geschieht dies von den mittleren, welche an der Innenseite des genannten Canales vorbeilaufen, nur zum Theil, indem von diesen ausserdem noch eine dünne Lamelle der Chorioidea und ein Theil des *Musculus ciliaris* entspringt. Die innerste Lage der faserigen Fortsetzung der

1) Lectures on the parts concerned in the operations on the eye. 1849.

2) De apparatu oculi accommodationis. 1855.

3) l. c. p. 29 u. 36.

Membrana Descemetii endlich diene der inneren Partie des M. ciliaris zum Ursprung, stehe aber auch zugleich noch durch einzelne sich nach Innen abzweigende, nach vorne concave Bindegewebsfaserzüge (Lig. pectinatum) mit der von der Vorderseite des Corpus ciliare abgehenden Iris in Verbindung. Der M. ciliaris entspringt also nach van Reeken als eine zunächst compacte Muskellage von der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Augenkammer gelegenen Bindegewebsfasermasse, welche als directe Fortsetzung der Membrana Descemetii aufzufassen ist; von da zieht er als eine ringförmige Platte von der Sclerotica nur durch die bereits erwähnte dünne Lamelle der Chorioidea getrennt nach hinten und aussen bis zur Ora serrata, wo er sich, nachdem er eine Länge von circa 7 Mm. erreicht hat, in das Stroma der chorioidea inserirt. Seine grösste Dicke (0,6 Mm.) erlangt er gleich nach seinem Ursprunge, um dann allmählig dünner werdend bei seinem hinteren Ansätze die Chorioidea nicht mehr an Dicke zu übertreffen. In Bezug auf die Richtung und den Verlauf der einzelnen Faserbündel bemerkt van Reeken, dass nur die äusseren, der Biegung der Sclerotica folgend, als zusammenhängende Masse im Bogen nach hinten und aussen ziehen, die übrigen dagegen je weiter nach innen um so mehr die Richtung gerade nach hinten, ja endlich sogar nach hinten und innen annehmen, so dass die letzten mit ihren Enden bis an die Processus ciliares hinanreichen. Die Faserzüge des ganzen inneren Theiles des Muskels sollen sich vielfach netzartig verbinden und grosse Spalt Räume zwischen sich lassen, in welche dann von hinten her Fortsetzungen des bindegewebigen Stroma's der Chorioidea hineinziehen, sich mit den Muskelbündeln reichlich durchflechten und noch mit dem Bindegewebe der Processus ciliares in Verbindung treten. In der Fig. 9 auf Taf. IV der van Reeken'schen Abhandlung erscheinen die innersten also den Processus ciliares anliegenden, netzartig verbundenen Faserbündel übrigens mehr oder weniger schräge, ja fast quer gelagert, so dass man hier die Andeutung von einigermaßen ringförmig verlaufenden Muskelzügen finden könnte.

Durch eine genaue und deutliche Beschreibung dieser ringförmigen Muskelzüge lieferte darauf Heinrich Müller im Jahre 1857 einen weiteren werthvollen Beitrag ¹⁾ zur Kenntniss des Ciliar-

1) Gräfe's Archiv III, 1. p. 1.

muskels. Dicht hinter dem sogenannten Ligamentum pectinatum und dem Ursprung der Iris, nach auswärts von der Vorderpartie der Processus ciliares [beschreibt er starke Züge von ringförmig, d. h. also parallel dem Hornhautrande verlaufenden Muskelbündeln, welche indessen nicht eine compacte Masse darstellen und von den meridional gerichteten Zügen vollständig getrennt sind, sondern mit den nach innen ziehenden, kurzen und sehr auseinanderfasernden innersten der längsgerichteten Bündel sich in der Weise verflechten, dass theils einzelne longitudinale Bündel zwischen die ringförmigen sich einschieben, theils »die kreisförmigen Bündel und besonders die weiter nach rückwärts gelegenen direct in longitudinale übergehen, indem sie rascher oder langsamer in die bezeichnete Richtung umbiegen, um sich weiter rückwärts an die Aussenfläche des Ciliarkörpers anzuheften.« Hierdurch wird also die Darstellung van Reeken's wesentlich modificirt, welcher ja alle Muskelbündel von dem elastischen Fasergewebe, in welches sich die Membrana Descemetii auflösen soll, entspringen und dann nach rückwärts fächerförmig oder richtiger halb gefiedert auseinanderweichend an die Chorioidea und das Bindegewebe des Corpus ciliare sich inseriren liess. Nach Müller liegt aber neben dem vorderen Ursprungstheile der starken, äusseren, longitudinal verlaufenden Muskelmasse, und zwar nach innen von derselben, noch ein relativ selbständiger Zug circulär ziehender Fasern, welche sich nur nach hinten zu durch Ausläufer mit den longitudinalen verbinden oder in die Richtung jener übergehen.

Eine noch in demselben Jahre erschienene Arbeit von Arlt¹⁾ enthält einige Modificationen der Darstellung van Reeken's und H. Müller's. Arlt lässt den Muskel vorne nicht bloss von der Cornea, einwärts vom Canalis Schlemmii, sondern auch nach auswärts von diesem von der Sclerotica entspringen.²⁾ Die auch von Arlt, aber vorzugsweise am inneren Winkel des dreieckigen Muskels, bemerkten circulären Fasern sind nach ihm nur als Ausläufer der radiären zu betrachten, welche in ihrem Verlaufe gegen die Ciliarfortsätze hin sich nach allen Richtungen ausbreiten und mit den radiären durchkreuzen.

Von den vorhergehenden weicht wesentlich die im Jahre 1858

1) Gräfe's Archiv. 1857. II p. 87.

2) l. c. p. 104.

von Mannhardt¹⁾ gelieferte Beschreibung des menschlichen Ciliarmuskels ab. Nach diesem Forscher sollen ausser den von der inneren Wand des Canalis Schlemmii aus der gefaserten Membrana Desemetii entspringenden Muskelfasern, welche die äussere Schicht des ganzen Muskels bilden, auch noch von der Iris herkommende elastische Faserzüge in Muskelfasern übergehen, welche mit den von der Cornea kommenden sich verbinden. Der Ciliarmuskel soll also mit zwei Köpfen vorne entspringen, deren einer von der Cornea, der andere von der Iris kommt. Zwischen diesen beiden Zipfeln soll das elastische Ligamentum pectinatum von der Cornea zur Iris ziehen. Der inneren Partie des ganzen Muskels vindicirt Mannhardt nach vorne zu mehr den Charakter eines elastischen Flechtwerks. Im Uebrigen enthält nach ihm dieser innere Theil Muskelfasern, welche netzförmig nach allen Richtungen, zum Theil kreisförmig verlaufen und mit der äusseren Schicht des Muskels in Austausch stehen. Von den äussersten Längsfasern sollen einige bald an die Sclerotica herantreten und in eine derselben anhaftende feine elastische Lamelle übergehen, von den anderen auch noch ein Theil nach längerem Verlaufe in der Chorioidea schliesslich an die Sclerotica sich ansetzen.

Eine ausführliche Beschreibung des Ciliarmuskels lieferte im Jahre 1865 G. Meyer.²⁾ Hinsichtlich der Verbindung des Muskels mit der Sclerotica und Cornea spricht dieser Forscher sich dahin aus, dass die einzelnen Muskelbündel sich so zwischen die an der hinteren und unteren (?) Seite des Schlemm'schen Canales verlaufenden und dessen Wandung bildenden, festen, kreisförmigen Bindegewebszügen inseriren, dass ein dichtes Netz von sich kreuzenden Fasern hergestellt wird. Nach hinten vom Schlemm'schen Canale treten noch Muskelbündel direct an die Sclerotica und verbinden sich fest mit derselben in einer je nach den Individuen wechselnden Ausdehnung. Nach innen von der in Uebereinstimmung mit den meisten Autoren beschriebenen compacten, meridionalen, der Sclerotica anliegenden Schicht des Muskels finden sich die von der Innenseite des Canalis Schlemmii entspringenden Muskelfaserzüge, welche nicht eine so compacte Masse bilden, sondern im Allgemeinen nach vorne concave

1) Gräfe's Archiv 1858. p. 277.

2) Virchow's Archiv. Bd. XXXIV. p. 380.

Bogen beschreibend, häufig sich theilen, sich wieder vereinigen und so durch wiederholtes Auseinanderweichen und gegenseitigen Austausch ein mehr oder minder dichtes Geflecht herstellen, dessen Fasern auch zum Theil die meridionale Richtung verlassen, um zu Theilen des sogenannten Müller'schen Ringmuskels zu werden. Die meisten der nach vorne und innen zu gelegenen Spalten und Lücken, welche zwischen dieser netzförmigen Partie des Längsmuskels übrig bleiben, sind nach Meyer ausgefüllt von den Ringfasern des Müller'schen Muskels mit dem sie begleitenden Bindegewebe. Es handelt sich also bei diesem letzteren nicht um einen einfachen Strang, welcher etwa von der meridionalen Schicht abgelöst und für sich hergestellt werden könnte, sondern es sind dies Muskelfaserzüge, welche, durch die Lücken der Meridionalfasern hindurchziehend, ähnlich wie jene, zahlreiche, netzförmige Verbindungen unter einander eingehen.

Henle hat in seiner 1866 erschienenen Eingeweidelehre (p. 624 u. ff.) über den Bau des Ciliarmuskels folgende Ansichten ausgesprochen. Zwischen den theils longitudinal theils quer verlaufenden Bindegewebsbündeln des Corpus ciliare, die in den äusseren Parteen nur dünne Lamellen bilden, nach innen zu aber stärker werden und vielfach anastomosirend runde oder spaltförmige Räume begrenzen, liegen Züge glatter Musculatur, deren Faserrichtung durch die Lage der Kerne ausgesprochen wird. Zunächst der äusseren Fläche des Muskels beschreibt Henle mehrere Lagen meridional gerichteter Kerne, längs der concaven vorderen Fläche eine ähnliche Schicht circulär gerichteter Kerne und im übrigen Theile des Muskels längs und quer gerichtete Kerne in regelloser Anordnung; woraus dann eine gleiche Lagerung der glatten Muskelfasern selbst gefolgert wird. Die äusseren meridional gerichteten Fasern befestigen sich nach Henle vorne unter sehr spitzem Winkel an der Innenfläche des Sinus venosus, die circulären werden an der Vorderfläche von einer dünnen Lage feiner elastischer Fasernetze bekleidet, die sich von der Cornea zu dem angehefteten Rande der Iris hinüberschlagen und Septa in den Muskel senden, durch welche er oberflächlich in Bündel abgetheilt wird.

Ausser diesen in manchen Punkten nicht unerheblich differirenden Angaben über die Musculatur im Corpus ciliare findet sich hin und wieder die Behauptung aufgestellt, dass auch die Zonula Zinnii

musculöse Elemente und zwar quergestreifte Muskelfasern enthalte ¹⁾ oder sogar ganz aus solchen bestehe. ²⁾)

Zu den Ergebnissen meiner eigenen Untersuchungen übergehend, bemerke ich zunächst, dass ich im Bulbus des Menschen nur an einem Orte, nämlich im Corpus ciliare, Muskelfasern, und zwar glatte, gefunden habe. Die faserigen Elemente der Zonula Zinnii halte ich mit Henle und Anderen für den elastischen Fasern ähnliche, wenngleich gegen chemische Reagentien nicht ganz so widerstandsfähige Gebilde. Durch Chlorpalladium werden sie wie hyaline Membranen und elastische Fasern blassgelblich gefärbt. Die bei gewissen Behandlungsmethoden hin und wieder an denselben bemerkbaren Querstreifen, welche auch nicht entfernt an diejenigen der quergestreiften Muskelfasern erinnern, scheinen mir durch die beim Zusammenschrumpfen entstehenden Dichtigkeitsdifferenzen erzeugt zu werden. Der von Max Langenbeck beschriebene *M. compressor lentis-accommodatorius* müsste nach seiner eigenen Beschreibung und Abbildung ausserhalb des Corpus ciliare, nämlich zwischen den äussersten Spitzen der Processus ciliares ausgespannt, ein wenig vor dem Rande der Linse auf deren vorderer Kapsel, also in der Gegend der Zonula Zinnii liegen. Nach dieser Beschreibung kann ich nur annehmen, dass Langenbeck Theile der Zonula selbst vor sich hatte, kann also auch den beschriebenen Ringmuskel nicht anerkennen.

Das Corpus ciliare dagegen, jener nach innen vom vorderen Ende der Sclerotica gelegene, im Durchschnitt länglich dreieckige Ring, welcher mit dem gegen die Augenaxe vorragenden Faltenkranze der Processus ciliares die Fortsetzung der Chorioidea nach vorne zu bildet, lässt in seinem bindegewebigen Stroma bei den verschiedensten Untersuchungsmethoden leicht einen reichen Gehalt an glatten Muskelfasern erkennen. Die Ausbreitung, Richtung und Verbindung dieser unter dem Namen *M. ciliaris* zusammengefassten Fasern wird uns zunächst beschäftigen.

Die Bestimmung der Lage des Muskels im Corpus ciliare, so-

1) So von Finkbeiner in der Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. Bd. VI. p. 330. und von Heiberg in Gräfe's Archiv. 1865. p. 165.

2) Home. Lectures on comp. anatomy. Vol. IV. Tab. LXXXVII. Fig. 5 und 6.

Nuhn. Bericht der 34. Vers. der Naturf. und Aerzte in Karlsruhe. 1859. p. 216.

wie die Ermittlung seiner Grenzen und Dimensionen gelingt am Besten bei der Vergleichung von radiären Meridionalschnitten des Corpus ciliare mit zur Ebene dieser senkrecht gestellten Querschnitten desselben, wie sie in Fig. 3 und 4 der Taf. XXIV dargestellt sind. Man überzeugt sich zunächst, dass, wenn auch die Muskelzüge den bei weitem grössten Theil des Corpus ciliare durchsetzen, sie doch an der vorderen schmalen, an die Iris grenzenden und der nach innen ¹⁾ und hinten gewandten, die Processus ciliares tragenden Seite eine breite Zone übrig lassen, welche nur aus Bindegewebe besteht. Man wird die innerste Muskelpartie von der Pigmentlage des Corpus ciliare stets noch durch eine Bindegewebslage getrennt finden (Fig. 3 und 4), und wenn in der einen Schrägschnitt darstellenden Fig. 5 die Musculatur das Pigment an einer Stelle zu erreichen scheint, so ist dies eben nur scheinbar, indem bei der Lage dieses Schnittes etwas Pigment das noch darunter liegende Bindegewebe verdeckt. In die Processus ciliares geht die Musculatur nicht hinein. Die Breite ihres Abstandes von der freien Vorder- und Hinterfläche des Corp. cil. ist nicht überall gleich. Abgesehen von mannigfachen kleinen Einbiegungen der das Pigment tragenden innersten Schicht, pflegt sie am Geringsten in der Nähe des hinteren äusseren Endes, am grössten an dem inneren vorspringenden Winkel zu sein, so dass die Form des Meridionaldurchschnittes des Muskelringes derjenigen des Corpus ciliare nicht vollständig ähnlich sein kann. Denn wenn sie auch im Ganzen beide einem länglichen rechtwinkligen Dreiecke mit nach vorne und aussen gelegenen rechten Winkel verglichen werden können, dessen vorderer, kurzer Seite ein zwischen den beiden längeren Seiten gelegener, nach hinten und aussen gewandter spitzer Winkel gegenüber liegt, so muss doch bemerkt werden, dass der innere Winkel bei dem Muskeldurchschnitt stets beträchtlich abgerundet erscheint, dass also die schmale vordere Seite gewöhnlich durch einen Bogen in die nach innen und hinten gekehrte übergeht. Es wird demnach die dickste Stelle der ganzen Muskelplatte nicht an der vorderen Seite, sondern etwas weiter zurückliegen. Hier mass ich an Chlorpalladiumpräparaten eine Breite von 0,9 bis 1,0 Mm., während die Länge des ganzen Muskels 3 bis 4 Mm. beträgt.

1) Die Ausdrücke innen, aussen etc. beziehen sich stets auf die Axe des einzelnen Bulbus.

Die nach vorne und aussen gewandte Fläche des Corpus ciliare wird durch reine Musculatur gebildet und schliesst sich hinsichtlich ihrer Form genau an die Innenfläche der vorderen Sclera-Partie an. Es fragt sich, ob und in wie weit sie mit der Sclerotica in directer Berührung steht. Die Ansichten der oben citirten Forscher gehen über diesen Punct nicht unerheblich auseinander. Während einige, z. B. G. Meyer¹⁾ ein unmittelbares Aneinanderliegen beider Theile behaupten, beschreiben Andere, wie van Reeken, zwischen denselben eine dünne, aus Bindegewebe und feinen elastischen Elementen bestehende, in die Chorioidea übergehende Lamelle, welche van Reeken noch speciell als eines der Spaltungsproducte der M. Descemetii ansieht. Ich konnte mich von dem Vorhandensein einer solchen Zwischenlage zwischen der Aussenfläche des M. ciliaris und der Sclerotica auf das Sicherste überzeugen und halte diese in Uebereinstimmung mit Henle²⁾ für eine directe Fortsetzung der Lamina suprachorioidea s. fusca, welche, nach vorne zu allmählig dünner werdend, bis nahe an den Canalis Schlemmii hinanzieht und zuweilen auch in diesem vorderen Ende noch die so charakteristischen Pigmentzellen behält. Diese die Aussenfläche des M. ciliaris mit der Sclerotica verbindende dünne und lockere Bindegewebslage als aus der Spaltung der M. Descemetii hervorgegangen anzusehen, finde ich keine Veranlassung, da ihr Zusammenhang mit dieser hyalinen Membran nicht in die Augen fällt und jedenfalls kein directer ist.

Die Vertheilung der Muskelfasern innerhalb des ganzen Bezirkes des M. ciliaris ist ausserordentlich ungleich, wie schon ein Blick auf die Fig. 3 zeigt. Während der nach vorne und aussen, also der Sclerotica zunächst gelegene Theil eine derbe Muskelplatte mit nur wenigen dünnen Spalten darstellt, nehmen nach innen zu zwischen den immer dünner werdenden Muskelzügen die bindegewebshaltigen Spalten und Lücken so sehr an Zahl und Grösse zu, dass hier die Musculatur nur ein grossmaschiges, dünnbalkiges Netzwerk bildet, bis wiederum an der nach vorne und innen gekehrten schmalen, sowie auch an der ganzen inneren Seitenwand (letzteres muss ich besonders betonen, da es noch von Niemand bemerkt ist) stärkere Muskelfaserlagen auftreten. Aus dieser ungleichen Vertheilung der

1) Virchow's Archiv. XXXIV. p. 385.

2) Eingeweidelehre p. 624.

Fasern allein lässt es sich verstehen, wie es kam, dass von dem Entdecker des *M. ciliaris* zuerst nur die Aussenpartie desselben erkannt und erst später von den verschiedenen Untersuchern ein Theil nach dem andern aufgefunden wurde.

Ueber die Richtung der Fasern in dem compacten äusseren Theile des *M. ciliaris* erhält man bei jeder Untersuchungsmethode hinlänglich sicheren Aufschluss und überzeugt sich leicht, dass alle Fasern ziemlich parallel neben einander liegen und, zu derben Platten vereinigt, der Krümmung des Vordertheiles der Sclerotica folgen, also im leichten Bogen von vorne und innen nach hinten und aussen ziehen. Die Breite dieser derben Aussenlage, welche entschieden die Hauptmasse der musculösen Elemente des *M. ciliaris* enthält, beträgt gewöhnlich auf dem Meridionalschnitt gemessen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des ganzen Muskeldurchmessers. Doch variirt dieses Verhältniss individuell ausserordentlich, und ich habe Augen gefunden, wo diese compacte äussere Schicht fast die Hälfte des Muskeldurchschnittes einnahm. In den schmalen Spalten zwischen den einzelnen Platten derselben liegen dünne Bindegewebslamellen, deren Faserung gewöhnlich auch die Richtung der Musculatur einhält. Diese bindegewebshaltigen Spalten nehmen aber weiter nach innen, zuerst im hinteren Theile des Muskels, später auch in den weiter vorne gelegenen Parteen, allmählig an Anzahl und Ausdehnung zu, wobei sie jedoch weniger langgezogen, auf Meridionalschnitten mehr spindelförmig oder selbst unregelmässig rundlich erscheinen. Die sie umziehenden und begrenzenden Muskelzüge sieht man dem entsprechend mit ihrem vorderen Ende noch eng und fest an den Vordertheil jener äusseren compacten Muskelplatte anliegen, nach hinten zu aber allmählig von derselben sich ablösen, um mehr gerade nach hinten und selbst nach hinten und innen fächerförmig auseinanderziehend, eine geflechtartige Verbindung einzugehen. Man vergleiche Fig. 3. Es ist nicht ganz leicht und bei den bisher bekannten Präparationsmethoden wohl ganz unmöglich, über die Richtung der Muskelfasern in diesem Geflechte Sicherheit zu erlangen. Erst wenn man durch die Anwendung des Chlorpalladiums mit nachfolgender Carmintinction die Muskelzüge mit aller Schärfe durch die Färbung markirt und so eine Verwechslung ihrer Kerne mit denjenigen des umgebenden Bindegewebes unmöglich gemacht hat, gelingt es, die Richtung der Muskelkerne und damit die Richtung der Fasern an jeder einzelnen Stelle genau festzustellen. Untersucht man zunächst an einem Meri-

dionalschnitt (Fig. 3) die Lagerung der Kerne in diesem Geflecht, so überzeugt man sich bald, dass in dem äusseren Theile desselben fast alle Kerne im Längsschnitt, also von der Seite gesehen werden, und zwar dem eben beschriebenen Auseinanderziehen der Muskelbündel entsprechend, vom hinteren äusseren Ende des Muskels nach seinem vorderen inneren zu allmählig aus der zum Bulbus tangentialen (der Sclerotica parallelen) Richtung in die radiäre übergehen. Dies ist aber nur in dem äusseren Theile des Geflechtes der Fall. Geht man weiter nach innen, so bemerkt man bald erst einige, dann immer mehr und schliesslich fast alle Muskelkerne im Querschnitt, d. h. in der Richtung ihrer Axe von oben. In der innersten, aus stärkeren Muskelbündeln gebildeten Lage des ganzen Muskels, sowie an seiner, gleichfalls starke Züge aufweisenden, nach vorne und innen gewandten schmalen Seite sieht man endlich sämtliche Muskelkerne im wirklichen oder optischen Querschnitt. Es geht also die Richtung der Muskelfasern etwa in der Mitte des Geflechtes aus der meridionalen resp. mehr radiären in die circuläre über und wird eine rein circuläre in den starken Zügen nicht nur der vorderen schmalen, sondern auch der nach innen und hinten gewandten Seite des Muskels. Ist diese zunächst aus dem Studium meridionaler Durchschnitte gewonnene Ansicht richtig, so muss man an einem ebenfalls senkrecht zur Fläche der Sclerotica, aber transversal geführten Schnitte in der äusseren Partie des Muskels, also in dem Durchschnitte der starken äusseren Muskelplatte und in dem äusseren Theile des Flechtwerkes, alle Kerne im Querschnitt, in dem inneren Theile des Flechtwerkes aber und in den inneren und vorderen starken Grenzzügen die Kerne im Längsschnitt sehen. Dies ist nun wirklich der Fall, wie ein Blick auf die Fig. 4 lehrt. Ja, es gelingt zuweilen, den Schnitt so zu führen, dass alle, oder doch fast alle Muskelkerne im Längsschnitt gesehen werden, wenn man ihn nämlich durch den vorderen äusseren Winkel des Muskels und die Mitte der inneren hinteren Seite parallel einer vorderen seitlichen Tangentialfläche des Bulbus legt, ein Fall, der in Fig. 5 dargestellt ist.

Wir kommen endlich zu der für das Verständniss der Wirkungsart des ganzen *M. ciliaris* besonders wichtigen Frage nach der Verbindung seiner Faserzüge unter einander und mit den umgebenden Theilen. Aus der obigen Auseinandersetzung über Vertheilung, Richtung und Lage der einzelnen Muskelfaserbündel erhellt, dass alle

meridional verlaufenden, sowie die von diesen sich abzweigenden und der radialen Richtung sich nähernden Züge gemeinsam in der Gegend der vorderen, dem Hornhautrande zugewandten Kante des dreieckigen Muskelringes entspringen. Dieses vordere Ende sämmtlicher auf dem Meridionalschnitte längsgerichteten, die Hauptmasse unseres Muskels bildenden Faserzüge hat nur die verhältnissmässig geringe Breite von etwa 0,15 Mm. und erreicht mit seiner von aussen wie von innen etwas zugespitzten Kante fast das Niveau des hinteren Endes des Canalis Schlemmii. Seine aus derbem faserigen Bindegewebe bestehende directe Fortsetzung nach vorne, also die vordere Ursprungssehne des Haupttheiles des *M. ciliaris*, zeigt einen lamellenösen Bau und verläuft, zu einer etwas dünneren Platte sich zusammenziehend, an der Innenseite des Canalis Schlemmii in der Richtung der äusseren Längsmuskellage wie eine Fortsetzung dieser nach vorne und innen, um endlich continuirlich in die Cornea überzugehen. Nur von den am weitesten nach aussen gelegenen der vordersten Muskelfasern dringen einige etwas mehr gerade nach vorne gewandt als die übrigen mit ihren Spitzen in das hinter dem Canalis Schlemmii gelegene, zur Sclerotica gehörige Gewebe ein. Aber auch die Richtung dieser wenigen äussersten Fasern und ihrer bindegewebigen Fortsetzung verläuft stets noch nach innen vom Canalis Schlemmii oder gegen diesen selbst, so dass keinesfalls ein Entspringen der Muskelfasern auswärts von jenem venösen Sinus behauptet werden darf. Alle diese an der Innenseite des Canalis Schlemmii vom vorderen Ende des *M. ciliaris* nach vorne ziehenden Bindegewebsfasern aber als in die Membrana Descemetii übergehend anzusehen, oder aus deren faseriger Auflösung herzuleiten, wie dies van Reeken gethan hat, scheint mir nicht richtig. Ich finde, dass nur ein Theil dieser Fasern, und zwar die inneren, sich nach vorne zu in die *M. Descemetii* fortsetzen, dass dagegen andere (und diese bilden den Haupttheil) direct in das eigentliche Cornealgewebe übergehen, die folgenden gegen die Innenwand des Canalis Schlemmii ziehen und endlich die schon oben erwähnten äussersten Fasern sich in das hinter dem Canalis Schlemmii gelegene Scleroticalgewebe mit einer Richtung gegen diesen Canal inseriren. Es wird demnach die Zugkraft des ganzen in Rede stehenden Theiles des Muskels mittelst der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Augenkammer gelegenen Faserlamellen, als der zugehörigen Sehne auf die Ursprungsstelle dieser, nämlich die Membrana Descemetii und die innersten

Lagen des eigentlichen Cornealgewebes, sowie zu einem geringen Theile auch auf die Innen- und Hinterwand des Canalis Schlemmii wirken. Die Richtung dieses Zuges ergibt sich aus der oben dargelegten Anordnung der Muskelfasern mittelst der Construction des Parallelogramms der Kräfte, denn es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass die so innig verbundenen und verflochtenen Züge zugleich und wie ein Muskel wirken. Berücksichtigen wir, dass der bei weitem grösste Theil aller Muskelfasern in der von vorne und innen nach hinten und aussen ziehenden äusseren Platte vereinigt ist und nur ein geringer Theil in Form eines dünnbalkigen Flechtwerkes mehr gerade nach hinten und endlich nur wenige zarte Züge nach hinten und innen führen, so werden wir schliessen müssen, dass die Zugrichtung nur um ein Geringes von der nach hinten und aussen ziehenden Richtung jener dicken äusseren Muskelfaserlage und zwar ein wenig zur Richtung gerade nach hinten abweicht, also etwa so wie der grosse Pfeil in Fig. 2 gelegen ist. Da nun die dem vorderen Ende des Muskels zur Insertion dienenden oben genannten Theile in der bezeichneten Richtung gar nicht oder nur ausserordentlich wenig nachzugeben vermögen, so haben wir hier einen festen Ursprung für alle auf dem Meridionalschnitt in der Längsrichtung zu treffenden Faserzüge des *M. ciliaris* gefunden.

Die ganze Aussenfläche des Muskels liegt, durch die oben erwähnte, plattenartige, dünne Fortsetzung der *Membrana suprachorioidea* mit der Innenfläche der *Sclerotica* sehr locker verbunden, dieser leicht verschiebbar an. In der Gegend der hinteren äusseren Kante des Ciliarmuskels geht das hintere Ende der äusseren derben Muskelfaserlage, meistens in einige Lamellen auseinanderweichend, in das hier gewöhnlich mit vielen sternförmigen Pigmentzellen durchsetzte bindegewebige Stroma der *Chorioidea* über, während die übrigen mehr gerade nach hinten und selbst nach hinten und innen laufenden Muskelzüge, nachdem sie schon unter einander vielfach langmaschige, netzförmige Verbindungen eingegangen, sich direct mit dem aus circulär verlaufenden Fasern gebildeten Netzwerk verbinden. Es ist wichtig zu constatiren, dass alle diese Endpunkte der auf dem Meridionalschnitt längsgerichteten Fasern beweglich sind, sowohl das vordere Ende der so dehnbaren und gegen die *Sclerotica* und *Retina* leicht verschiebbaren *Chorioidea*, als das inmitten des weichen gefässreichen *Corpus ciliare* gelegene circuläre Muskelfasernetz. Dieses letztere, welches in circulärer Richtung langgestreckte, auf

dem Meridionalschnitt rundlich erscheinende, bindegewebshaltige Maschen umzieht, verstärkt sich in seinen Zügen, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, an der Innenseite des *M. ciliaris* erheblich. Doch ist hier keine continuirliche Muskelfaserplatte hergestellt, sondern es bleiben noch reichliche, wenn auch sehr schmale Spalten zwischen den derben, netzförmig verbundenen, circulären Zügen übrig. Am besten überzeugt man sich hiervon an Schnitten, welche in der Ebene der nach innen und hinten gekehrten Seite des Muskels durch diese selbst gelegt sind. Zu dem Systeme dieser an der Innengrenze des Ciliarmuskels befindlichen starken, circulären Fasernetze gehören nun auch die an der Vorderseite gelegenen, durch Stärke der einzelnen Züge und etwas grössere Isolirung ausgezeichneten sogenannten Müller'schen Circulärfasern, welche sich jedoch ebenfalls netzförmig unter einander und hie und da selbst mit den eben beschriebenen Innenzügen verbinden. Es sind demnach die Circulärfasern durchaus nicht, wie vielfach fälschlich angegeben ist, in den Lücken oder Maschen zwischen den Längszügen zu finden, sondern sie stehen mit jenen in netzartiger Verbindung und stellen selbst ein den Muskel an der ganzen Vorder- und Innenseite umziehendes, ziemlich starkbalkiges Netzwerk dar, welches in circulärer Richtung langgezogene Maschen umschliesst.

Aus den mitgetheilten Resultaten der anatomischen Untersuchung ergibt sich nun ohne Weiteres die bei der Contraction eintretende Lageveränderung der Theile des Muskels und der an denselben direct befestigten Gebilde. Da sich die längsten Faserzüge in der oft genannten, derben, äusseren Platte befinden und mittelst ihrer vorderen sehnigen Fortsetzung zum kleinen Theile in das Gewebe der Sclerotica, zum grössten Theile an der Cornea fest inseriren, also vorne ihren festen Punct haben, so wird deren hinteres Ende und der an ihm in der Gegend der Ora serrata befestigte vordere Rand der Chorioidea bedeutend nach vorne und innen gezogen. Weniger ausgiebig wird die Verschiebung ausfallen, welche die Enden der aus derselben Gegend entspringenden, aber mehr gerade nach hinten, zum Theil selbst nach hinten und innen gerichteten Züge und zwar in der Richtung dieser selbst gerade nach vorne resp. nach vorne und etwas nach aussen erfahren. Da nun, wie oben geschildert, diese Faserzüge direct in die circulären Muskelnetze übergehen, so wird diesen und dem ihnen anhängenden Bindegewebe eine im Allgemeinen nach vorne gewandte Richtung der Bewegung mitgetheilt.

Alle Ringfaserzüge selbst aber müssen bei ihrer Contraction zunächst sich selbst und dann die mit ihnen verbundenen Theile in der Richtung gerade nach innen bewegen.

Denken wir uns das ganze im Corpus ciliare enthaltene Muskelgeflecht auf einmal sich contrahirend, so wird der Effect im Allgemeinen der sein, dass der hintere Theil des Corpus ciliare mit dem ihm anhängenden Vorderende der Chorioidea sich nach vorne und innen und die vordere und innere Randpartie desselben sich gerade nach innen verschiebt, wie das die beiden Pfeile auf Fig. 2 andeuten. Dabei versteht es sich natürlich von selbst, dass überall da, wo netzförmige Verbindung der Faserzüge mit erheblicher Weite der Maschen besteht, das in diesen Maschen liegende Bindegewebe, also auch die in denselben enthaltenen Gefässe comprimirt werden, soweit es die Kraft der umziehenden Muskeln und die Compressibilität des Gewebes selbst zulassen.

Handelt es sich nun darum, die bei der Contraction des M. ciliaris eintretenden Lageveränderungen der ihm zunächst liegenden Theile in ihrer Bedeutung für die Accomodation zu würdigen, so wird es nöthig, zuvor noch einen Blick auf die Verbindung zwischen Corpus ciliare und Linse zu werfen. Das einzige feste Verbindungsglied zwischen diesen beiden Theilen bildet die Zonula Zinnii. Wie nun auch im Uebrigen die Ansichten der Forscher über dieses Gebilde differiren, so stimmen doch alle darin überein, dass dieselbe eine aus ziemlich derben, wenig nachgiebigen Fasern gebildete, stramm gespannte Membran sei, welche in der Gegend der Ora serrata fest mit der Chorioidea und deren Fortsetzung in das Corpus ciliare verbunden, sich nach vorne zu (nachdem sich von ihr eine dünne, dem Corpus vitreum vorne dicht aufliegende Lamelle abgelöst hat) dicht an die Innenseite des Corpus ciliare, also auch an die innere Fläche der Processus ciliares in Form einer Halskrause anlegt und erst von dem am Weitesten nach innen vorragenden Theile des Corpus ciliare dieses verlässt, um sich an den Rand der Linse mit directem Uebergange in deren Capsel zu inseriren. Mit der Constatirung dieser leicht zu ermittelnden Thatfachen können wir uns für unsere Zwecke begnügen und wollen nur noch die ziemlich controverse Frage nach der Form des Ansatzes der Zonula Zinnii an die Linsencapsel kurz berühren. Von den halskrausenartig angeordneten Zonula-Fasern inseriren die vorderen, indem sie auf eine eigenthümliche, von Henle in seiner Eingeweidelehre in der Fig. 521 vortrefflich

wiedergegebene Weise breit auseinander fahren und so fast eine continuirliche, dem Linsenrande parallele Ansatzlinie, etwa 1,5 Mm. vor dem äussersten Linsenrande darstellen, die hintersten aber, wie ich nach meinen Präparaten behaupten muss, gerade an diesen äussersten Linsenrand selbst, so dass also alle Zonula-Fasern an die Vorderfläche der Linse treten. Es wird demnach ein von denselben ausgeübter Zug direct nur diese Vorderfläche treffen und abplatten. Dass aber eine solche Spannung wirklich im ruhenden Zustande des lebenden Auges von der Zonula Zinnii ausgeübt wird, unterliegt wohl keinem Zweifel. Dafür spricht vor Allem das Convexerwerden der ganzen Linse, besonders aber der Vorderfläche nach ihrer Herausnahme, sowie der Umstand, dass man, wie schon Helmholtz vor Jahren fand, durch Ziehen an der Zonula ein Abflachen der Linse am todten Auge leicht hervorbringen kann. Es wird auch daraus verständlich, wesshalb überhaupt gerade die Vorderfläche der Linse so bedeutend abgeflacht ist, wesshalb die Ruhelage des Accommodationsapparates in der Einstellung für die Ferne besteht, und man erst bei der Accommodation für die Nähe ein Gefühl von Muskelanstrengung im Auge wahrnimmt, welches mit der zunehmenden Nähe des fixirten Gegenstandes wächst, wesshalb endlich bei der Beobachtung eines abwechselnd für die Ferne und für die Nähe accommodirenden Auges durch das Ophthalmoskop stets ein ganz allmähliges Näherrücken des Spiegelbildes der vorderen Linsenfläche an dasjenige der vorderen Cornealfläche, also ein Convexerwerden der Linse an ihrer Vorderseite bei der Einstellung für die Nähe, — dagegen immer ein plötzliches Zurückspringen des Spiegelbildes der vorderen Linsenfläche in die Nähe des von der hinteren Linsenfläche reflectirten Bildes, also eintretende Abflachung der Vorderfläche der Linse bei der Accommodation für die Ferne eintritt. Jede active Accommodation durch den Ciliarmuskel wird demnach eine Accommodation für die Nähe sein.

Untersuchen wir nun, welchen Einfluss die Contraction des M. ciliaris auf die in der Ruhe gespannte und durch ihre Spannung auf die Vorderfläche der Linse abflachend wirkende Zonula und so indirect auf die Form der Linse ausüben wird. Aus den anatomischen Verhältnissen ergab sich unmittelbar, dass die starke äussere Partie des Muskels das Vorderende der Chorioidea nach vorne und innen zieht. Mit diesem letzteren ist aber in der Gegend der Ora serrata der hintere Ursprungstheil der Zonula fest verwachsen, folglich wird

auch dieser hintere Ursprungstheil der Zonula nach vorne und innen gezogen und zwar ziemlich weit, da die Aussenlage des Muskels ja die längsten Faserzüge enthält. Dass hierdurch eine Entspannung der Zonula, also eine Wölbungszunahme der Linsenvorderfläche mit Vorrücken ihres Scheitelpunctes herbeigeführt werden muss, leuchtet ein. Wir fanden ferner, dass bei der Contraction des anderen Haupttheiles des *M. ciliaris*, nämlich des an der Vorder- und Innenseite herumziehenden circulären Fasernetzes, eine Bewegung des ganzen inneren Randtheiles des *Corpus ciliare* mit den ihm aufsitzenden *Processus ciliares* gerade nach innen erfolgen muss. Nun liegt aber der Innenfläche dieser Theile die Zonula Zinnii dicht an, ist denselben sogar hie und da leicht angeheftet, und zieht von den innersten Spitzen des *Corpus ciliare* und seiner *Processus* sich nach innen umlegend gegen die Linse. Es kann demnach keine vortheilhaftere Einrichtung zur Erschlaffung des freien, direct an den vorderen Linsenrand sich anheftenden Theiles der Zonula durch Contraction der in Rede stehenden Muskelfaserzüge gedacht werden und es ergibt sich, dass auch dieser Theil des *M. ciliaris* ebenso wie der äussere durch Entspannen der Zonula ein Vorwölben der vorderen Linsenfläche bewirken muss. Auch liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, dass beide Theile zugleich wirken, eine Annahme, welche von vorne herein durch die innige, netzförmige Verbindung beider die Wahrscheinlichkeit für sich hat.

So ergibt sich denn direct aus dem anatomischen Befunde eine Theorie der Accommodation, welche im Wesentlichen mit der von Helmholtz¹⁾ zuerst aufgestellten übereinstimmt, und welche wohl geeignet erscheint, alle bis jetzt am Lebenden bei der Accommodation beobachteten Veränderungen zu erklären. Die bei der Accommodations-Anstrengung zunehmende Wölbung der vorderen Linsenfläche und die dabei erfolgende Verschiebung ihrer Mitte und mit dieser des Pupillarrandes der Iris nach vorne haben wir schon als unmittelbares Resultat der Entspannung der Zonula kennen gelernt. Dass bei dieser Vorwölbung der Mitte der vorderen Linsenfläche ein geringes Einziehen des Seitenrandes der Linse stattfinden muss, ist, da die Substanzmasse der Linse selbst sich nicht ändern kann,

1) Physiologische Optik, in der allgemeinen Encyclopädie der Physik p. 103–125 und 831 bis 834.

begreiflich. Hieraus aber versteht sich leicht die geringe Zunahme der Wölbung der hinteren Linsenfläche, deren Mittelpunkt übrigens seinen Ort nicht verlässt, sowie das geringe Zurückweichen des äusseren Irisrandes (mag man nun ein hinteres Kammerwasser annehmen oder nicht), welche beiden Phänomene durch die Beobachtung ebenfalls am Lebenden während der Accommodationsthätigkeit wahrgenommen wurden. Die Erweiterung der Pupille bei der Accommodation für die Nähe kann meiner Ansicht nach aus der Compression der durch den Ciliarmuskel selbst verlaufenden zuführenden Arterien der Iris, während der Abfluss des Blutes durch die Venen nicht gehemmt ist, wohl erklärt werden. — Auch die jüngst von C. Völkers und V. Hensen ¹⁾ bei der Reizung der Ciliarnerven am Auge des Hundes beobachteten Veränderungen, sowie die von jenen Forschern gezogenen Schlüsse stimmen mit der eben entwickelten Vorstellung vom Accommodationsmechanismus des menschlichen Auges, wie ich glaube, hinlänglich überein.

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1866. p. 721.

Erklärung der Abbildungen.

1. Horizontaler Durchschnitt eines in Chromsäure erhärteten menschlichen Auges, dreimal vergrößert. Grösse, Form und Lage der einzelnen Theile sind durch directe Messungen am Präparate festgestellt. Durch die Schrumpfung der Linse und durch die Abspannung der Zonula hat der Dicken-Durchmesser der Linse, besonders die Wölbung der Vorderfläche bedeutend zugenommen und ist dem entsprechend der Umfang des Seitenrandes sehr verkleinert. So kommt es, dass der freie Theil der Zonula zwischen den Processus ciliares und dem Linsenrande deutlich hervortritt und man das Faltenblatt derselben von der Fläche, die hintere auf der Hyaloidea liegende Spaltungslamelle im Durchschnitt sehen kann.

2. Eine schematische Zeichnung, in welcher der Ansatz des Faltenkranzes der Zonula an die Linse und die Zugrichtung der beiden Haupttheile des M. ciliaris angedeutet ist. Der längere Pfeil bezeichnet die Zugrichtung der äusseren meridional gerichteten Fasern, der kürzere diejenige des circulären Geflechtes.

3. Meridionaler Durchschnitt des Corpus ciliare eines erwachsenen Mannes. 50fache Vergrößerung. Die vordere Hälfte des etwa 24 Stunden nach dem Tode aus der Linse genommenen Bulbus hatte nach Entfernung des Glaskörpers und der Linse, mit einer Oeffnung in der Cornea versehen, acht Tage in einer Chlorpalladiumlösung von 1 : 800 gelegen. Ein gut gelungener Schnitt wurde nach dem Auswaschen mit einer mässig starken Carminlösung tingirt, nach dem Abspülen in Glycerin eingeschlossen und das so gewonnene Präparat bei 50facher Vergrößerung mit der Camera lucida gezeichnet. Den hinteren und mittleren Theil des in den Schnitt gefallenen Processus ciliaris sieht man von der Seitenfläche mit Pigment belegt; eine dicke Falte p. des vordersten Theiles aber ist durchschnitten und zeigt daher ihr roth tingirtes Bindegewebsstroma.

c. Cornea.

d. Membrana Descemetii.

h. Sclerotica.

i. Iris.

ch. Chorioidea.

sch. Haupttheil des Canalis Schlemmii.

4. Querschnitt durch das Corpus ciliare eines Erwachsenen. Die Lage des Schnittes ist in der Fig. 4 a angedeutet. Die Herstellung des Präparates geschah wie bei 3. Vergrößerung 60/1.

5. Schrägschnitt durch das Corpus ciliare eines Erwachsenen. Die Lage des Schnittes erhellt aus der beigefügten Fig. 5 a. Herstellung des Präparates wie bei 3. Vergrößerung 80/1. Die schräg durchschnittenen Fasern der Zonula Zinnii sind hier erhalten.