

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire  
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 48 (1906)

**Heft:** 6

**Artikel:** Die Akkommodation und die Binnenmuskulatur des Auges

**Autor:** Zietzschmann, Otto

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-590485>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Die Akkommodation und die Binnenmuskulatur des Auges.

Von Dr. Otto Zietzschmann,

Professor der Veterinär-Anatomie der Universität Zürich.

Antrittsrede, gehalten am 14. Juli 1906.

---

Wenn ich meinen Blick auf einen fernen Gegenstand richte, beispielsweise auf die Rückwand dieses Saales oder auf ein Haus weit in der Ferne, und ich betrachte sodann einen Körper ganz in meiner Nähe, meine Hand, so müssen im Auge Veränderungen ablaufen, die es gestatten, dass von so verschieden weit von meinem Auge entfernt liegenden Gegenständen an ein und derselben Stelle ein deutliches Bild dieser Körper entsteht.

Das Bild wird auf der Seh- oder Netzhaut, der Retina, erzeugt, in welcher durch die Lichtstrahlen Reizungen von nervösen Elementen, der Stäbchen und Zapfen, ausgelöst werden, die mit Hülfe eines komplizierten Nervenzellapparates und deren Fortsätzen auf der Bahn des Nervus opticus zum Gehirn geleitet werden, wo sie nach Umschaltung in der grauen Rinde des Grosshirnes zum Bewusstsein kommen.

Also die Retina ist der Ort, an dem ein getreues Bild vom gesehenen Gegenstand entworfen wird. Wir wissen, dass in ähnlicher Weise z. B. in der photographischen Camera von verschieden weit entfernten Gegenständen Bilder auf eine lichtempfindliche Platte gebracht werden können.

Der wesentliche Teil für die Bilderzeugung ist eine Linse oder ein System von Linsen und brechenden Medien, welches wir der Kürze halber (für uns ohne Fehler) als einfache Linse betrachten wollen. Beim photographischen Apparate wie beim Auge haben wir es mit einer Sammellinse zu tun, mit einer beiderseits gewölbten, also bikonvexen Linse. Vor der Linse findet sich in gewisser Entfernung der leuchtende Gegenstand, von dem die Strahlen zur Linse hinziehen; die Linse bricht dieselben, und jenseits der Linse vereinigen sich in bestimmtem Abstände die Strahlen wieder zu einem Bilde.

Wenn wir uns nun fragen, wie diese Linse des photographischen Apparates bei Gegenständen von verschiedenem Abstände wirkt, so ist der Satz bekannt, dass — wenigstens in den Grenzen, die für das Auge in Betracht kommen — bei Entfernung des Gegenstandes von der Linse das Bild jenseits derselben näher an die Linse heranrückt, während umgekehrt bei Annäherung des Gegenstandes die Bildebene von der Linse sich entfernt. Es müsste also im photographischen Apparate wie im Auge — wenn wir die Linse örtlich und in der Form als feststehend annehmen und die anderen Möglichkeiten unberücksichtigt lassen — bei Verschiebung des Objektes die Bildebene sich verschieben. Vom photographischen Apparate ist uns ja die Anwendung dieses Satzes hinreichend bekannt. Steht es nun aber beim Auge ebenso? — Nein! Die Bildebene ist die Retina. Die ist dem Augenhintergrunde unbeweglich angelegt, und der Augenhintergrund selbst ist bei Ausserachtlassung der verschiedenen Drehungen des Augapfels so gut wie unverrückbar der Orbita eingefügt. Es kann sich also der Augenhintergrund nicht, wie wir es nach oben genanntem Satze fordern müssten, vor- und rückwärts bewegen, um deutliche Bilder von Gegenständen, die verschieden weit vor dem Auge liegen, auf der Projektionsfläche, der Retina, entstehen zu lassen. Es müssen also im Auge andere Einrichtungen gegeben sein, die es er-

möglichen, dass unter den genannten Umständen die Gegenstände deutlich auf der Sehhaut sich abbilden können. Im künstlichen Auge, an dem man sich alle diese Sätze experimentell vor Augen führen kann — ich denke an den Kühneshen Kasten — wechselt man die Linse; d. h. man hängt stärker oder schwächer gewölbte Linsenkörper ein und wird bei richtiger Wahl der Krümmungsverhältnisse der neu eingefügten Linse nach Verschiebung des leuchtenden Gegenstandes auf der unverrückten Projektionsfläche wieder ein deutliches Bild entstehen sehen, welches vorher bei Belassung der Linse nach Verschiebung des Gegenstandes ein verschwommenes war.

Im Auge brauchen wir, um dasselbe Resultat wie im angedeuteten Experiment zu erzielen, neue Linsen nicht einzusetzen. Wir besitzen vielmehr in unserem Auge einen wunderbar aufgebauten Linsenkörper, der die Fähigkeit besitzt, unter gewissen Umständen seine Form, seine Krümmungsradien, zu ändern. Was wir im Experiment durch Einsetzen verschieden gekrümmter Linsen erreichten, wird in unserem Auge von ein- und derselben Linse erzielt, und zwar dadurch, dass sie das Vermögen besitzt, ihre Gestalt aktiv oder passiv zu ändern, ihre Krümmungsverhältnisse den äusseren Umständen anzupassen. Und da verdanken wir es denn den ausgezeichneten Untersuchungen von Helmholtz und vielen anderen namhaften Autoren, dass wir wissen, dass beim Sehen in die Ferne die Linse sich abflacht, die Krümmungsradien der gewölbten Flächen also grösser werden, während sich beim Fixieren naher Gegenstände die Radien verkleinern, die Flächen selbst sich also stärker krümmen. Diesen Vorgang, das Einstellen des Auges auf entfernt und nahe liegende Gegenstände, bezeichnen wir als **Akkommodation**.

Wodurch wird nun diese Akkommodation hervorgerufen? Sehen wir uns die Linse näher an, wie sie dem Auge eingefügt ist.



Wenn man an einem frischen Bulbus, der eben der Orbita entnommen ist, die hintere, also die hirnseitige Halbkugel durch einen Äquatorialschnitt mit dem Rasiermesser abträgt, und man nach vorsichtiger Entfernung des Glaskörpergewebes, das den grösseren hirnseitigen Teil des Innenraumes des Auges ausfüllt, das vordere Kugelsegment von hinten her betrachtet, so sieht man im Zentrum der Augapfelhälfte beim Drehen die vorspringende gewölbte Hinterfläche der Linse, die vollkommen farblos und durchsichtig erscheint. In der Peripherie wird die Linse von einer grossen Anzahl radiär gestellter, schwarzer, zierlicher Falten kranzartig umgeben, das sind die Fortsätze des Ciliarkörpers. Diese reichen aber in der Regel nicht bis an den Linsenäquator heran, es bleibt vielmehr ein schmaler ringförmiger Raum zwischen beiden bestehen, der Circumlentalraum. Betrachtet man sich diesen näher, so gewahrt man vor allem bei Anwendung einer Lupe eine grosse Zahl feinsten radiär gestellter Fäden, die den Raum überbrücken und, wie Radiärschnitte durch die in Frage kommenden Partien des Augapfels ergeben, seitlich vom Ciliarkörper zum Linsenäquator hinziehen. Die ungezählten Fäden bilden in ihrer Gesamtheit ein radiär ausgespanntes Band, das den Linsenäquator an die Augenhäute, speziell an den Ciliarkörper, befestigt. Man hat dies Band das Aufhängeband der Linse genannt, die *Zonula ciliaris*, auch das Strahlenbändchen, da dessen fädige Elemente radiär vom Linsenäquator nach der Peripherie hin ausstrahlen. Die Linse ist durch die Zonula an die festen Augenhäute aufgehängt etwa wie eine Stickerei an einen Rahmen.

Die Linse stellt nach Helmholtz einen Sack dar, der aus einer weichen Innenmasse und einer derben elastischen Hülle, der Linsenkapsel, besteht, und der das Bestreben hat, die Kugelform anzunehmen. Der Sack ist aber in seiner kreisförmigen Zirkumferenz durch das genannte äquatoriale Kreisband peripher ausgezogen, in jedem Falle gedehnt im Auge aufgehängt zu denken, so dass eine Linsenform,

nicht etwa eine Kugelform des Linsenkörpers im Auge besteht.

Wird ein zentrifugaler Zug auf die periphären Enden der Zonula ausgeübt, sie also in der Richtung der Zonulafasern mehr gespannt, so wird durch die Zonula der Linsenäquator peripher weiter ausgezogen, die Linse aber in ihrer Wölbung abgeflacht.

Es wird der äquatoriale Durchmesser bei diesem Vorgange vergrößert, der vordere—hintere, also die Linsenachse, dagegen verkleinert. Umgekehrt, bei Entspannung der Zonula, wenn die peripheren Enden der Zonulafäden näher an den Linsenäquator heranrücken, wird die Linse, die in radiärer Richtung angespannt war, dank der elastischen Kräfte in der Linsenkapsel, mit ihrem ausgezogenen Äquator sich zurückziehen; es wird demnach der äquatoriale Durchmesser verkleinert auf Kosten des vorderen — hinteren, der Linsenachse, der sich vergrößert.

Das würden etwa die Vorgänge sein, die an der Linse ablaufen, wenn deren Aufhängeapparat — ganz ungeachtet der Vorgänge bei der Akkommodation — in radiärer Richtung stärker gespannt und entspannt wird.

Zur Erklärung der komplizierten Verhältnisse bei der Akkommodation im Auge hat man verschiedene Theorien aufgestellt. Bevor wir auf diese eingehen können, ist es notwendig, kurz die **anatomischen Einrichtungen** kennen zu lernen, die es ermöglichen, dass auf die Zonulafasern ein vermehrter oder verminderter Druck oder Zug einwirken kann.

Wie viele Bewegungsvorgänge, so werden auch die für die Akkommodation nötigen durch Muskelfasern veranlasst, die im Innern des Auges sich finden: Es handelt sich um den sog. **Akkommodationsmuskel**, den *Musculus ciliaris*, der, wie der Name besagt, im Ciliarkörper liegt und mehr oder weniger dicht an dessen Oberfläche sich findet. Dieser Muskel verläuft vom Corneoskleralrande, also von jener Stelle aus, an der die Hornhaut in die Sklera übergeht, innen an der äusseren

Augenhaut gelegen nach rückwärts (dem Äquator zu) und endet hinten\*) im Ciliarkörpergewebe, an der Grenze zur Aderhaut. Sein fixer Punkt ist hornhautwärts gekehrt, liegt vorn, der bewegliche an der Aderhaut — Ciliarkörpergrenze, hinten. Deshalb wird der Muskel bei seiner Kontraktion die Aderhaut — Ciliarkörpergrenze hornhautwärts, also nach vorn ziehen, und damit die gesamte Aderhaut anspannen. Das ist auch der Grund, weshalb Brücke<sup>3)</sup>, der diesen Muskel entdeckte, ihn als den *Tensor chorioideae* bezeichnete. Seine Fasern verlaufen mehr oder weniger meridional; eine nur geringe Anzahl ist radiär gerichtet und durch Schrägzüge mit den erstern verbunden.

Als Helmholtz im Jahre 1854 seine Theorie über die Akkommodation des Menschenauges aufstellte, kannte man nur diese Brücke'sche Portion des Ciliarmuskels mit dem meridionalen Faserverlauf. Kurze Zeit später trat Heinrich Müller mit einer Entdeckung hervor: H. Müller hatte gefunden, dass beim Menschen ein grosser Teil der Fasern des Ciliarmuskels nicht meridionalen, sondern äquatorialen Verlauf hat, also kreisförmig das Auge umzieht. Die genannten 2 Muskelportionen — die meridionale und die äquatoriale oder zirkuläre — finden sich auch bei den anthropomorphen Affen wieder, während bei den übrigen Säugern — ich beziehe mich da nur auf die Haussäuger und deren nahe Verwandte — der Ciliarmuskel nur von einer Portion dargestellt wird, von der meridionalen, der Brücke'schen. Es gibt bei diesen Tieren nur einen *Tensor chorioideae*. Die Zirkulärfasern fehlen entweder gänzlich oder sie treten nur in so verschwindender Anzahl auf, dass sie ein besonderes, zusammenhängendes Bündel nicht bilden und bei der Akkommodation nicht in Betracht kommen können. Der von Bayer<sup>1)</sup> und Martin<sup>18)</sup>

---

\*) Hinten ist der Kürze wegen oft für Punkte gebraucht, die dem hirnsseitigen Pole des Bulbus näher liegen, vorn für solche näher dem corneaseitigen Pole. Aussen und innen bezieht sich auf den Bulbus als Hohlkugel oder auf Punkte, die der Augenachse ferner oder näher liegen.

bei Tieren beschriebene Ringmuskel existiert nicht, worin ich mit Flemming<sup>8)</sup> vollkommen übereinstimme. Die Lagerung des Muskels bei den fraglichen Tieren ist im allgemeinen die des Brücke'schen beim Menschen und den anthropomorphen Affen.

Unter den Haustieren ist aber der Akkommodationsmuskel nicht gleichmässig ausgebildet, vielmehr bestehen ganz beträchtliche Unterschiede in bezug auf dessen Stärke, womit naturgemäss auch ein Variieren in der Akkommodationskraft Hand in Hand geht. Die Fleischfresser, also Hund und Katze, stehen dem Menschen am nächsten. Sie besitzen einen ganz erheblich stark ausgebildeten Ciliarmuskel im Ciliarkörper; etwas weniger mächtig ist er bei den Wiederkäuern, dem Schafe, der Ziege und dem Rinde, und beim Schweine; am schwächsten endlich ist der Muskel bei den Einhufern, bei Pferd und Esel, ausgebildet. Demnach dürften also unsere Einhufer die geringste Akkommodation zeigen.

Bei Tieren mit querovaler Pupille ist der Muskel ausserdem in den verschiedenen Quadranten verschieden stark entwickelt. Er ist in den Quadranten kräftiger ausgebildet, in denen ausgiebigere Bewegungen der Iris beim Pupillenspiel statthaben, also im oberen und unteren Quadranten. Ob bei diesen Tieren — es handelt sich bekanntlich um die Ungulaten (Einhufer, Wiederkäuer und Schwein) — irgendeine Beziehung der Irismuskulatur zum Ciliarmuskel besteht, vermag ich heute noch nicht zu entscheiden.

Den Säugetieren stehen in bezug auf den Grad der Ausbildung des Ciliarmuskels die Vögel direkt gegenüber. Von vielen Vögeln ist es bekannt, dass sie eine ganz ausgezeichnete Akkommodationskraft besitzen, die die des Menschen bei weitem übersteigt. Dem entspricht auch der Entwicklungsgrad des Ciliarmuskels, denn er ist bei den Vögeln kräftiger noch als beim Menschen.

Beim Vogel hat der Akkommodationsmuskel drei Portionen, zu denen in der Funktion noch ein vierter

Muskel tritt; dieser Muskel ist in der Iris an deren Basis gelegen, und er spielt bei der Akkommodation sicher eine grosse Rolle. (H. Müller<sup>22</sup>, v. Pflugk<sup>23</sup>.) Entgegen den Verhältnissen bei den Säugetieren und dem Menschen ist der Ciliarmuskel des Vogels ein quergestreifter. Seine Fasern enden nach Leuckart<sup>16</sup>) corneaseitig z. T. an einer im Meridionalschnitt spornartig nach dem Augeninnern vorspringenden Leiste am Corneoscleralbord, z. T. an der Sclera. Die drei Portionen sind der Cramptonsche, der Müllersche und der Brückesche Muskel. Alle Muskelbäuche verlaufen im wesentlichen meridional.

Der Cramptonsche Muskel füllt die Lücke zwischen Corneasporn und Sclera zum grössten Teile aus; seine kurzen Fasern verlaufen von der Sclera hinten und aussen schräg nach vorn und innen zum Sporn. Der Müllersche Muskel hat längere Fasern, er entspringt weiter rückwärts (näher der Ora serrata) an der Grundplatte des Ciliarkörpers und endet ebenfalls am genannten Sporn. Die dritte Portion, der Brückesche Muskel, entspricht in der Lage der gleichnamigen Portion des Menschen und der Säuger; er liegt hinter den zuerst angeführten zwei Portionen. Er beginnt wie bei den Säugetieren und dem Menschen an der Ciliarkörperaderhautgrenze und der Grundplatte des Ciliarkörpers und endet an dem Teile der Sclera, der beim Vogel den knöchernen Sclerotikalring eingelagert enthält.

Während die Cramptonsche und Müllersche Portion bei der Kontraktion in der Hauptsache abflachend auf die Randpartien der Hornhaut einwirken, stellt die Brückesche Portion den Tensor chorioideae dar.

Wie hat man sich nun den Vorgang der Akkommodation vorzustellen?

Es bestehen im wesentlichen drei Theorien, die von Helmholtz<sup>13</sup>), die älteste, die von Schoen<sup>26</sup>) und die

Theorie von Tscherning<sup>28)</sup>, die ich hier nur in ihren Hauptpunkten skizzieren kann.

1. Die Helmholtzsche Lehre<sup>12) u. 13)</sup> besagt etwa: Die Linse ist ein elastischer Körper, der an der radiär angeordneten Zonula im Auge derartig aufgehängt ist, dass die Zonulafasern, die sich an dessen kreisförmigem äquatorialen Rande ansetzen, einen Zug auf den Linsenäquator ausüben. Die Zonulafasern sind also im ruhenden Auge, — denken wir uns im Schlafe oder bei geschlossenen Lidern —, gespannt, und die Linse ist in radiärer Richtung gedehnt. Im Auge findet sich ein Muskel, der vorn an dem Corneosklerralrande entspringt und hinten an der Ciliarkörper-Aderhautgrenze endet, der Ciliarmuskel. Von dem zuletzt genannten Punkte gehen die Zonulafasern aus und ziehen im Bogen nach innen (der Linsenachse zu) und vorn (dem corneaseitigen Pole zu) zum Linsenäquator hin, wo sie sich mit der Linsenkapsel fest verbinden.

Wenn der Akkommodationsmuskel sich kontrahiert, also bei Einstellung des Auges auf nahe liegende Gegenstände, zieht er die hinten gelegene Insertionsstelle der Zonulafäden nach vorn, bringt sie demnach der vorderen näher. Damit werden die Fäden des Aufhängebandes der Linse entspannt; es wird somit der Zug gegen die Peripherie der Linse aufgehoben. Die Linse ist aber ein elastischer Körper, der seine Elastizität seiner Umhüllung, der Linsenkapsel, zu verdanken hat; denn, so heisst es bei Helmholtz wörtlich, „wenn die Kapsel abgestreift ist, zeigen die oberflächlichen Schichten der Linse mehr eine schleimige als eine gallertige Konsistenz. Sie haben keine Spur von dem Bestreben, ihre Form gegen äussere Kraft zu behaupten oder nach Änderung der Form in die frühere Form zurückzukehren.“ Elastische Membranen aber, die ein unverändertes inkompressibles Flüssigkeitsvolumen umschliessen und an einem kreisförmigen Rande unter Spannung angeheftet sind, haben das Bestreben, dem Körper die Grundform zu geben, die Kugelform. Es



müssen also nach diesen Ausführungen bei Aufhören des radiären Zuges auf den gedehnten Linsensack die elastischen Kräfte frei werden, und die Linse nähert sich in ihrer Form der Kugel. Es wird dabei der äquatoriale Durchmesser kleiner, die Linsenachse dagegen grösser, und damit geht eine stärkere Wölbung der gekrümmten Flächen einher.

Das ist der Akkommodationsvorgang im Auge nach Helmholtz, bedingt durch Entspannung der Zonula.

Der schon erwähnte Müllersche Ringmuskel im Ciliarkörper des Menschen- und Affen Auges hat nach Helmholtz nur die Funktion, auch den vorderen Teil der Ciliarfortsätze der zurückweichenden Linse und Zonula nachzuschieben.

2. Der Helmholtzschen Theorie mit der Entspannung der Zonulafäden steht die Schoensche<sup>26)</sup> direkt gegenüber, da Schoen die Linsenveränderung bei der Akkommodation auf eine verstärkte Anspannung derselben zurückführt.

Schoen denkt sich den Vorgang folgendermassen: Im Auge bilden die vordere Linsenkapsel, die Zonula mit der Hyaloidea des Glaskörpers und die Retina die Umhüllung einer Kugel, deren Inhalt durch den Glaskörper und die Linsensubstanz gebildet wird. Dieser Kugel ist der Ring des Akkommodationsmuskels derart von aussen und vorn (von der Cornea her) aufgelegt, dass er in die Höhe der Zonulafasern zu liegen kommt. Es schaut demnach der von der vorderen Linsenkapsel gebildete Pol bzw. das fragliche Kugelsegment durch den Muskelring nach vorn (corneawärts) durch. Die Hauptaktion bei der Akkommodation fällt nun aber nicht den Meridionalfasern, sondern den circulären zu. Bei Kontraktion des Ciliarmuskels, also beim Nahesehen, drücken dessen Kreisfasern die Ciliarfortsätze gegen die Kugelhülle nach innen vor, und dadurch wird die Hülle in der Höhe der Zonulafasern nach innen eingebogen, das Aufhängeband der Linse also stärker angespannt. Durch die Einbiegung der Hülle in der Höhe der Zonulafasern wird das vor dem

Ringmuskel gelegene kleinere Kugelsegment, also die Linsenvorderfläche, stärker gewölbt erscheinen.

Die Formveränderung der Linse wird also bei einer erhöhten Anspannung der Zonulafasern vor sich gehen. Die Meridionalfasern des Ciliarmuskels verhindern nur das Vorgehen der Ciliarfortsätze und sind im übrigen die Träger des inneren Augendrucks.

3. Die dritte Theorie, die ich nannte, hat der Pariser Tscherning<sup>28)</sup> aufgestellt. Wir können sie hier kurz abhandeln, da sie in verschiedenen wesentlichen Punkten mit der Schoenschen zusammenfällt. Auch er nimmt eine stärkere Spannung der Zonula bei Kontraktion des Ciliarmuskels an. Jedoch fand er, und das ist wichtig, dass unter diesen Verhältnissen die Linsenvorderfläche während der Akkommodation nicht eine sphärische Fläche, sondern ein Rotationshyperboloid darstellt; es bildet sich also zentral ein Conus, die Randteile verlaufen flacher. Diese Bildung bezeichnen wir als *Lenticonus anterior*. Nebenher kommt es zu Verschiebungen der Glaskörpermassen gegen die Linsenhinterfläche.

Die drei angeführten Theorien sind naturgemäss einer eingehenden Nachprüfung unterzogen worden, und da hat sich denn herausgestellt, dass keine der drei alle gefundenen Erscheinungen bei der Akkommodation ungezwungen erklärt. Und vor allem ist es die Helmholtzsche Theorie, die in jüngerer Zeit besonders heftig angegriffen wird.

Neuere Untersuchungen haben das Resultat Tschernings, den Fund eines *Lenticonus anterior* beim Menschen, wie auch beim Affen und dem Vogel bestätigt, bzw. auch ergeben. Durch exakte ophthalmoskopische Untersuchungen an einem Menschen mit angeborener Aniridie ist es Grossmann<sup>9)</sup> gelungen, den vorderen *Lenticonus* zu bestätigen; er fand aber weiter, dass nicht, wie man bisher ganz allgemein angenommen hatte, die Veränderungen der Linsenform bei der Akkommodation in der Hauptsache an der



Vorderfläche sich abspielen, sondern dass sich die Hinterfläche ganz wesentlich mitbeteiligt durch Bildung eines *Lenticonus posterior*. Ähnliches ist in neuester Zeit auch durch v. Pflugk<sup>23)</sup> am Affen- und Vogelauge beobachtet worden. Diese Erscheinung lässt sich weder nach Helmholtz noch nach Schoen-Tscherning erklären, so dass andere Faktoren zur Erläuterung der Vorgänge bei der Akkommodation herangezogen werden müssen.

v. Pflugk ist auf ganz anderem Wege bei genannten Tieren in den eben besprochenen Punkten zu dem gleichen Resultate gekommen wie Grossmann, so dass man auf im Prinzip einheitliche Vorgänge beim Menschen und diesen Tiergruppen schliessen muss. v. Pflugk wendete die Gefriermethode mit flüssiger Kohlensäure zur Fixierung der akkommodierten und nicht akkommodierten überlebenden Linse im Bulbus an. v. Pflugk hat vier Typen der Linse bei Affe und Taube übereinstimmend auf diesem Wege darstellen können:

1. Den Typus der Muskellähmung nach Anwendung von Atropin (das kommt gleich der Einstellung auf die Ferne).

2. Den Typus des Muskeltonus ohne Medikation (das kommt gleich der mittleren Akkommodation).

3. Den Typus des Muskelkrampfes nach Anwendung von Eserin oder Strophantin im ersten Stadium (das kommt gleich der stärksten Akkommodation, Akkommodationskrampf).

4. Den Typus der Ruhe nach Abtragung der spannen-  
den Zonula.

So hat sich denn gezeigt, dass die Ruheform der Linse nach Abtragung der Zonula der Kugel sehr nahe steht, dass aber entgegen Helmholtz die akkommodierte Form sich wesentlich von der Ruheform unterscheidet!

Die akkommodierte Form zeigt wohl auch eine Längenzunahme der Linsenachse auf Kosten des Äquatorialdurchmessers, aber eine Annäherung an die Kugelform existiert nicht. Im Gegensatze hierzu entfernt sich bei steigender Akkommodation die Form der Linse mehr und mehr von der der Kugel. Auch beim Affen und Vogel läuft der grössere Teil der Akkommodationsvorgänge der Linse nicht an deren Vorderfläche ab, sondern es bildet sich wie beim Menschen ein *Lenticonus posterior*, und dieser ist ausgeprägter als der vordere. Weiterhin aber zeigte sich, dass seitlich vom *Lenticonus posterior* eine Konvexität der Linsenhinterfläche nach innen sich anschliesst. Diese Einbiegung nach innen bei der Akkommodation steht also in direktem Gegensatze zu einem Bestreben der Linse, die Kugelform anzunehmen, bei der die Konvexität nach aussen gerichtet sein müsste. Beim Affen und bei der Taube rücken wie beim Menschen die Ciliarfortsätze durch Muskelwirkung nach innen, es wird also wiederum die *Zonula* bei der Akkommodation stärker gespannt.

Wie kommt nun aber die Konvexität nach innen an der Hinterfläche der Linse zustande? Ich will nur die Taube in den Kreis unserer Betrachtung ziehen.

Bei der Akkommodation des Taubenauges kommt es — wie schon länger bekannt — neben den Linsenveränderungen zu einer Abflachung der peripheren Hornhautpartien und zwar durch Wirkung der an dem Hornhautsporn sich ansetzenden Cramptonschen und Müllerschen Portion des Ciliarmuskels. Die Brückesche Portion wirkt im Verein mit der Müllerschen wie die meridionalen Fasern beim Menschen, also chorioideaspannend. Bei der Akkommodation wird nun die Aderhaut im ganzen nach vorn gezogen, und damit verschieben sich die Glaskörpermassen linsenwärts. Die Linse muss also durch eine gegenwirkende Kraft gegen den anströmenden Glaskörper zurückgehalten werden. Diese Kraft geht nach v. Pflugk

bei der Taube von einem Muskel aus, der an der Iriswurzel liegt, die schon genannte besondere Portion des Iriskreis-muskels, die Heinrich Müller entdeckte. Dieser Muskel hängt an einem elastischen Bande, das von der Aderhaut her sich bis zur äusseren Oberfläche des Muskels hinzieht. Dies Band hält von hinten her den Muskelring fest. Kontrahiert sich der Kreismuskel, so muss er nach dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte nach innen und hinten auf die vordringenden Glaskörpermassen drücken und dabei die Zonulafasern anspannen. Die Glaskörpermassen werden also, wie es auch Tscherning in seiner Theorie<sup>28)</sup> verwertet, nach der Hinterfläche der Linse verschoben. Dadurch wird die Linse gegen die Iris angedrückt und in den zentralen Partien durch den Muskelring an der Irisbasis nach vorn gepresst. Es entsteht dadurch der vordere Lenticonus. Nun wirkt aber das gepresste Glaskörpergewebe auch direkt auf die Hinterfläche der Linse ein und drängt die weichen äquatorialen Randpartien der Linsensubstanz, die sog. Ringwulstanteile am festeren Linsenkern entlang nach vorn. Dadurch wird der resistenteren Linsenkern als Lenticonus posterior deutlich in die Erscheinung treten, während an dessen Peripherie durch Verschiebung der weicheren Randmassen die Konvexität nach innen an der Hinterfläche zustande kommt.

Die Linse des Affen reagiert auf akkommodative Bewegungen des Ciliarmuskels genau wie die der Taube, sogar in erhöhtem Grade. Daraus geht hervor, dass beim Affen, wie auch beim Menschen wohl etwa die gleichen ursächlichen Momente für die Veränderung der Linsenform vorhanden sein müssen, d. h. dass auch hier die Veränderungen in der Hauptsache im Anschluss an eine Kontraktion der zirkulären Portion des Ciliarmuskels mit Anspannung der Zonula ablaufen. (Schoen.) Es ist auch nicht schwer, gewisse Analogien zwischen dem an der Iriswurzel gelegenen Kreis

muskel im Vogelaug und der Müllerschen Portion im Affen- und Menschaug zu finden.

Gegen die Theorien, die die Akkommodation unter erhöhter Spannung der Zonula ablaufen lassen, ist von jeher für den Menschen ziemlich erfolgreich von den Anhängern der Helmholtzschen Theorie das Phänomen des Linsenschlotterns bei höchster Akkommodation ins Feld geführt worden. Man sagte sich, wie soll ein Schlottern der Linse zustande kommen können, wenn das radiäre Aufhängeband stärker gespannt ist?! Es kann doch nur ein Schlottern, ein Hin- und Herbewegen der Linse möglich sein, wenn die Zonulafäden erschlafft sind!

Das Schlottern der Linse besteht darin, dass während der stärksten Akkommodation bei kleinen zuckenden Bewegungen des Augapfels die Linse hin- und her schwankt. Steht das Versuchsobjekt gerade aufgerichtet, so senkt sich die Linse nach unten, und beim Neigen des Kopfes nach rechts oder links verschiebt sich der Linsenkörper in der entsprechenden Richtung nach unten.

Um diese Erscheinung als bei erhöhter Anspannung der Zonula eintretend zu erklären, ist es notwendig, sich den Verlauf der Zonulafasern im Zirkumlentalraume zu vergegenwärtigen.

Von den Zonulafäden entspringt die grösste Anzahl an dem hinteren, oraseitigen Teile des Ciliarkörpers, eine geringere Menge nur nimmt ihren Anfang an den vorderen (linsenseitigen) freien Teilen der Ciliarfortsätze. Die ersteren, von hinten herkommenden Fäden sind sehr lang, ziehen innen am Ciliarkörper und dessen Fortsätzen vorbei zur (irisseitigen) Vorderfläche der Linse hin. Sie bilden die sog. vorderen Zonulabündel. Ein kleiner Teil derselben pflanzt sich gerade in der Höhe des Äquators als mittleres Zonulabündel in die Linsenkapsel ein. Die vorn an den Ciliarfortsätzen ent-

springenden Fasern endlich verlaufen als hintere Bündel nach rückwärts, inserieren sich an der (glaskörperseitigen) Hinterfläche der Linsenkapsel und müssen demzufolge die langen vorderen Bündel kreuzen. Das mittlere Bündel ist sehr schwach, so dass für die Erklärung des Phänomens des Schlotterns nur das vordere und hintere Zonulabündel herangezogen werden können.

Es ist also die Linse durch zwei sich kreuzende radiär ausgespannte Fädensysteme an den Ciliarkörper aufgeheftet. Im Tonus und bei gewöhnlicher Akkommodation werden nach v. Pflugk <sup>24)</sup> beide Systeme gespannt und die Linse gut fixiert sein.

Bei stärkster Akkommodation aber wird durch Kontraktion der Zirkulärportion des Ciliarmuskels der Falten- teil des Ciliarkörpers soweit nach innen geschoben, dass die hinteren Zonulafasern erschlaffen, denn ihre beiden Insertionspunkte nähern sich bei diesem Vorgange beträchtlich. Die vorderen dagegen finden sich in maximaler Spannung. Unter solchen Verhältnissen kann die Linse trotz der erhöhten Spannung der vorderen Fäden sich hin- und herbewegen, da ja die vorderen Fäden nicht senkrecht zur Äquatorialebene der Linse herantreten, sondern im Bogen von hinten nach vorn der Linse sich nähern. An einem geeigneten Modell, wie v. Pflugk <sup>24)</sup> ein solches konstruiert hat, kann man sich ohne weiteres von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugen.

Diese Ausführungen dürften wohl darauf hinweisen, dass eine Akkommodation im Auge des Vogels und auch des Affen und des Menschen nicht durch Entspannung der Zonulafasern hervorgerufen wird, sondern dass die akkommodativen Linsenveränderungen mit einer stärkeren Spannung des Hauptteiles der Zonulafasern einhergehen, und dass die Form der Linse des Menschen und dieser Tiere bei steigender Akkommodation sich nicht

der Kugel nähert, sondern sich von der Form der Kugel entfernt.

Diese Grundsätze können aber vorläufig für die in Frage kommenden Tierklassen noch nicht verallgemeinert werden, denn es gibt Säger — das dürften wohl die meisten sein — bei denen gerade diejenige Portion des Akkommodationsmuskels fehlt, welche für den Menschen und den Affen bei der Akkommodation die Hauptfunktion ausübt — die zirkulär gerichtete Müller'sche Portion. Für die meisten Säugetiere liegen also besondere Verhältnisse vor, die noch nicht geklärt sind. Wir wissen nur, dass die anatomischen Grundlagen wesentlich andere sind, und daraus müssen wir folgern, dass auch die Vorgänge, die im Auge bei der Akkommodation ablaufen, erheblich abweichen. Für die Tiere mit fast ausschliesslich meridionalem und radiärem Faserverlauf im Ciliarmuskel kann uns vorläufig nur die Helmholtz'sche Theorie eine Erklärung des Vorganges der Akkommodation geben, es liegt noch keine Beobachtung vor, dass auch bei diesen Tieren die Akkommodation unter erhöhter Anspannung der Zonula ablaufe. Solange eine treffendere Theorie nicht gefunden ist, bleibt also die Helmholtz'sche Lehre für die meisten Säugetiere zu Recht bestehen.

Es wäre jedoch denkbar, dass diese Tiere entsprechend der mehr oder weniger geringgradigen Ausbildung von Ringfasern im meridionalen Ciliarmuskel <sup>5)</sup>, <sup>8)</sup>, <sup>15)</sup>, <sup>25)</sup>, <sup>29)</sup> und <sup>30)</sup> mehr oder weniger schwach akkommodierten. Dies ist aber ohne weiteres von der Hand zu weisen, da man bei diesen Tieren — ich beziehe mich hier, wie schon gesagt, nur auf die Haussäuger und einige nahe Verwandte — entweder nur ganz vereinzelt zirkulär verlaufende Muskelzellen oder inkonstante ganz unbedeutliche Bündel sicher finden kann, die der Lage nach dem Zirkulärmuskel im menschlichen Auge nicht entsprechen (vgl. Zietzschmann <sup>30)</sup>, S. 444—446). Andererseits wäre es unverständlich, dass vor allem die Fleisch-



fresser einen sehr gut ausgeprägten meridionalen Akkommodationsmuskel aufweisen. Aus der Beobachtung dieser Tiere geht aber untrüglich hervor, dass sie eine ganz ausgezeichnete Akkommodationskraft besitzen müssen. Ich erinnere da nur an einen Hund, der einen Vogel verfolgt, welcher dicht vor dem Hunde aufgefliegen ist und in Bogenlinien sich mehr und mehr in die Lüfte erhebt. Der Hund verfolgt aufmerksam den sich immer mehr entfernenden Vogel und läuft die Bogen nach. Und es ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dass der Verfolger ständig ein deutliches Bild von dem Flüchtling auf seiner Retina hat, ob dieser auch allmählich in grosse Entfernung von jenem gekommen ist.

Mit der Akkommodation gehen auch Bewegungen der Pupille einher. Deshalb erscheint es wohl gerechtfertigt, wenn ich noch einige Bemerkungen über **den Bau und die Lagerung der für das Pupillenspiel in Betracht kommenden Muskeln** anfüge.

Es ist ersichtlich, dass für den Akt der Verengerung und für den Akt der Erweiterung der Pupille je 1 Muskel in der Iris zugegen ist, der Verengerer und der Erweiterer des Sehloches, der *Sphinkter* und der *Dilatator pupillae*.

Über den Sphinkter herrschen keine Meinungsverschiedenheiten. Es ist das ein Muskel, dessen Fasern in der Hauptsache zirkulär, also parallel mit dem Pupillarrande der Iris verlaufen, und, wie leicht einzusehen, bei der Kontraktion die Irisöffnung verkleinern. Während beim Menschen und den Säugetieren die Fasern des Muskels glatte Elemente sind, stellt der Muskel bei den Vögeln eine quergestreifte Bildung dar, deren Fasern sich aber nicht streng an die zirkuläre Richtung halten, sondern oft radiär abbiegen und keinen zusammenhängenden Muskelkörper bilden, vielmehr verteilt in der Iris liegen.

Eine beachtenswerte Besonderheit bietet der Sphinkter bei den Tieren, die nicht eine runde, sondern eine spaltförmige Pupille haben. Solche spaltförmige Pupillen

können horizontal, sie können auch senkrecht gestellt sein. Zur ersten Gruppe gehören die Huftiere, also Pferd, Esel, Rind, Schaf, Ziege und Schwein, die zweite Gruppe repräsentiert die Katze. Bei einiger Überlegung betreffs der Ursache solcher spaltförmiger Bildungen kommt man wohl auf den Gedanken, dass Einrichtungen vorhanden sein müssen, die den Sphinkter hemmen, sich und damit dem Pupillarrande die Kreisform zu geben. Betrachtet man die linsenseitige Fläche, also die Hinterfläche der Iris solcher Tiere, so springt eine feine Streifung in Form radiär gestellter zarter Leisten ins Auge.

Bei den Tieren mit querovaler Pupille sind diese Stränge an dem temporalen und nasalen Sektor, also in der Horizontalen gelegen, bei der Katze mit senkrecht gestelltem Oval aber am oberen und unteren Sektor der Regenbogenhaut, also in der Vertikalen.

Man weiss durch die Untersuchungen von Eversbusch <sup>7)</sup>, dass an diesen Stellen von den im übrigen zirkulär angeordneten Fasern des Musculus sphincter pupillae eine Anzahl von Bündeln abzweigen und in die radiäre Richtung ausstrahlen. Aus der Anordnung dieser Fasern lässt sich ohne weiteres schliessen, dass sie es sind, die der Pupille die langgezogene Form verleihen; man spricht von einer akzessorischen Sphinkterinsertion oder von einem Hemmungsapparate.

Schwieriger ist die Beurteilung der Dilatatorfrage. Es zeigt sich an Radiärschnitten durch die Iris eines Säugers oder des Menschen an deren Hinterfläche, eine dicke Pigmentschicht, die aus zwei Zellagen besteht (Fig. 1, *b* u. *c*). Vor ihr, also an der Grenze dieses doppelschichtigen Irispigmentes zum Irisstroma (Fig. 1, *a*), liegt eine zarte Haut, die bei stärkster Vergrösserung radiär gestreift erscheint, also aus feinsten Fasern aufgebaut ist (Fig. 1, *d*).

Über die Natur und die Funktion dieser Membran ist man beim Menschen und den Säugern in lebhaftem Meinungsaustausch. Bruch <sup>2)</sup> hat diese Haut im Jahre 1844 als



erster beschrieben und zwar lediglich als eine strukturlose Basalmembran. Andere Autoren hielten sie für eine elastische Haut, und erst im Jahre 1866 trat Henle <sup>14)</sup> mit der Behauptung hervor, dass diese Membran aus spindelligen Zellen sich aufbaue und eine Haut aus glatten Muskelzellen darstelle. Er bezeichnete sie als *Membrana dilatatrix*. Nun entspann sich zwischen Bruch und seinen Anhängern und Henle und seinem Gefolge ein lebhafter Kampf, aus dem schliesslich Henle als Sieger hervorgegangen ist, denn heute erkennt man mit wenigen Ausnahmen an, dass die Bruch'sche Membran des Menschen und der Säuger eine muskulöse Schicht sei und der Dilatation der Pupille diene.

Auch bei den Vögeln scheinen ähnliche Verhältnisse vorzuliegen. Ich kann mich den Autoren, die die radiären quergestreiften Fasern in der Iris als den alleinigen Dilatator auffassen, nicht anschliessen, denn dieser würde dann viel zu grossen Schwankungen in der Ausbildung unterworfen sein, da bei manchen Vögeln solche Fasern in grosser Zahl vorkommen (H. Müller <sup>22)</sup>, während sie bei anderen nur spärlich vertreten sind (Heine <sup>11)</sup>, v. Pflugk <sup>23)</sup> und noch anderen sogar gänzlich fehlen (Michel <sup>20)</sup>, Canfield <sup>4)</sup>). Die Ausgiebigkeit der Irisbewegungen stünde dann in gar keinem Verhältnis zum Grade der Ausbildung des Dilatators. Und schliesslich wäre als weiterer wichtiger Grund gegen diese Annahme der Fund Melkichs <sup>19)</sup> zu erwähnen, der uns zeigt, dass zirkuläre und radiäre Fasern in der Vogeliris vom gleichen Nerven versorgt werden, also als einheitlich wirkender Apparat aufzufassen sind. Mir scheint es nicht zweifelhaft zu sein, dass auch die Vögel wie die Säuger eine Bruch'sche Membran besitzen, der die Funktion der Dilatation der Pupille zukommt. Sie ist nur des Reichtums an Pigmentkörnern wegen weniger deutlich sichtbar.

Wenn man sich nun heute auch darüber klar ist, dass Henles Meinung betreffs der Natur der Bruch'schen Mem-

bran die richtige ist, so ist es im Lager Henles aber doch wieder zu Meinungsverschiedenheiten gekommen: Während die einen\*) behaupten, die in Frage stehende Membran gehöre untrennbar mit der daranstossenden vorderen Lemelle von Pigmentzellen der Irishinterfläche zusammen, vertreten andere den Standpunkt, dass die Bruchsche Membran eine selbständige Haut darstelle, die mit der folgenden Pigmentepithelschicht nichts gemein habe.

Dass die Bruchsche Membran eine selbständige Membran ist, dafür spricht scheinbar, dass sich in ihr Kerne finden, und dass sie relativ scharf vom Irispigment im Schnitt sich abhebt, obwohl die vordere Pigmentschicht hartnäckig an der Bruchschen Membran haftet und dem Abpinseln grossen Widerstand entgegensetzt.

Die genannten zwei Punkte sind aber bei genauer Betrachtung nur scheinbare Stützen der Lehre von einer selbständigen Zellmembran.

Was den ersten Punkt anlangt, dass Kerne sich in der Membrana dilatatrix finden, so ist ohne weiteres dem gegenüberzuhalten, dass die Kerne viel zu spärlich in der Schicht auftreten, als dass sie zu Elementen gehörten, die als Zellen allein die Bruchsche Membran aufbauen. Man kann sogar in vielen Schnitten durch die Iris den gänzlichen Mangel an Kernen einwandsfrei konstatieren.

Levinsohn<sup>17)</sup>, der neueste Verfechter einer selbständigen Membran vor dem Pigmentepithel, gibt selbst an, dass Kerne beim Menschen und *Macacus Rhesus* nur in spärlicher Anzahl in der Membran zugegen sind. „Man kann oft ganze Strecken der Dilatatorschicht durchmustern, ohne einen einzigen stäbchenförmigen Kern zu entdecken“, sagt er wörtlich.

---

\*) Die reichhaltige Literatur über diese Frage kann hier nicht berücksichtigt werden. Es sollen nur die hauptsächlichsten Forscher genannt sein. Im übrigen s. Grunert<sup>10)</sup>, Szili<sup>27)</sup>, Levinsohn<sup>17)</sup> und Zietzschmann<sup>30)</sup>.

„Immerhin, so fährt er fort, lässt sich wohl auf jedem Radiärschnitt eine Anzahl dieser Kerne nachweisen“.

Stellen wir folgendes Exempel an:

Der radiäre Durchmesser der Iris des Menschen bei mittlerer Pupille beträgt etwa 4,5 *mm*. Einen Millimeter ist der Sphinkter breit, in dessen Mitte etwa der Dilatator endet. Für den Dilatator bleiben somit nur noch 4 *mm* Ausbreitungsgebiet. Nehmen wir an — was sicher nicht zu niedrig gegriffen ist — wir finden durchschnittlich in einem Radiärschnitte in der Bruchschen Membran acht Kerne. Und nehmen wir an, diese Kerne liegen etwa alle gleichweit von einander entfernt — in Wirklichkeit hat sie Levinsohn vor allem in der Nähe des peripheren Sphinkterrandes gesehen, also fast am zentralen Ende des Dilatators — so würde die Länge einer solchen vermeintlichen glatten Zelle 0,5 *mm* betragen. Nun weiss man aber, dass glatte Muskelzellen im tierischen Körper in der Länge zwischen 0,045 *mm* und 0,225 *mm* schwanken. Man weiss ferner, dass gerade im Auge die glatten Muskelfasern die kürzesten sind. Nach einwandfreien Messungen beträgt die Länge der glatten Elemente sowohl des Sphinkters als auch des Ciliarmuskels durchschnittlich etwa 0,06 *mm* (Flemming<sup>8</sup>), v. Ebner<sup>6</sup>). Demnach müssten also die Dilatatorfasern um reichlich das achtfache länger sein als die Fasern der anderen Binnenmuskeln des Auges und über zweimal länger als die längsten glatten Zellen, die im Körper überhaupt bekannt sind. Und das dürfte wohl schon von vornherein sehr zweifelhaft sein. Auch andere Punkte der Levinsohnschen Beweisführung kann ich ebensowenig anerkennen.

Direkt gegen die Annahme einer selbständigen Zellmembran vor dem Pigment sprechen aber Bilder, bei denen die Bruchsche Membran fehlt. Es sind das Bilder, wie sie Grunert<sup>10</sup>) an der menschlichen Iris bei enger Pupille als erster gesehen hat. An solchen Präparaten zeigte sich, dass vor der hinteren

(inneren) Epithelschicht des Irispigmentes eine einfache Lage von Spindelzellen sich fand, die die vordere (äussere) Pigmentschicht\*) der Irishinterfläche darstellte, und dass die Bruchsche Membran verschwunden war. Dasselbe lässt sich nun auch bei Tieren nachweisen, worüber ich in einer ausführlicheren Abhandlung noch berichten werde. Ich habe gute Präparate vom Pferde.

In dem einen Falle, bei weiter Pupille also bei Kontraktion des Dilatators, findet sich vor dem dicken Pigment der Iris (Fig. 1, *c* und *b*) eine deutliche helle Schicht mit radiärer Streifung, die Bruchsche Membran (Fig. 1, *d*.) Am depigmentierten Schnitte zeigt sich dasselbe, d. h. vor der zweischichtigen Epithelzelle (Fig. 2, *c* und *b*) die streifige Membran (Fig. 2, *d*). Dieser Membran sitzen also hinten (innen) die polygonalen, oft in radiärer Richtung zusammengepressten Zelleiber der vorderen (äusseren) Epithelschicht direkt an. An geeigneten Stellen kann man aber unzweideutig erkennen, wie der basale, der Membran angelagerte Teil solcher Zellen sich verbreitert und in zwei sich gegenüberstehende Fortsätze ausläuft, die aus feinen Fasern aufgebaut sind (vgl. Fig. 2, *e*). Und diese Fortsätze mit ihren Fasern sind es, die die streifige Bruchsche Membran bilden. Bruchsche Membran und vordere (äussere) Epithellamelle gehören also zusammen, werden nur von verschiedenen Teilen derselben Zelle aufgebaut!

Im zweiten Falle, bei maximal verengter Pupille und erschlafftem bzw. gedehntem Dilatator sieht man von einer Bruchschen Membran gar nichts; sie ist verschwunden (vgl. Fig. 3 u. 4.). An Schnitten findet man als hintere (innere) Irisbegrenzung nur einen Pigmentstreifen aus

---

\*) Ich stehe auf Grund meiner Untersuchungen gegenüber Grunert auf dem Standpunkte, dass die äussere Schicht des Irispigmentes entwicklungsgeschichtlich dem äusseren Blatte der sekundären Augenblase entspricht.

zwei Zellagen (Fig. 3, *b* u. *c*), deren vordere (äussere) aus langen, gleichmässig pigmentierten spindeligen Elementen besteht (*b*) und ohne Vermittlung einer streifigen Membran an das Irisstroma (*a*) stösst. Nach Entfernung des Pigmentes aus solchen Schnitten (Fig. 4) zeigt sich an der Stromagrenze

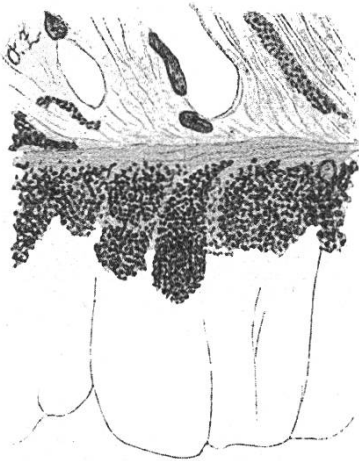


Fig. 1.

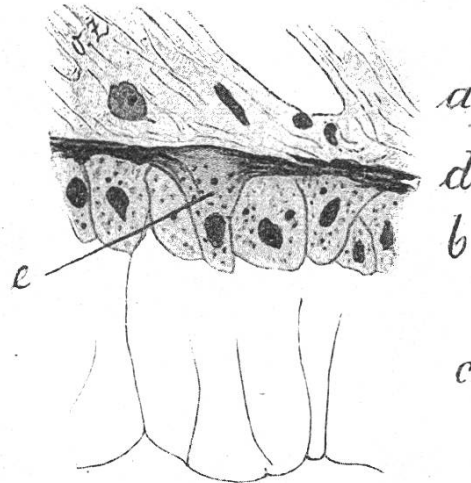


Fig. 2.

Radiärschnitte durch die Iris (hintere Schichten) des Pferdes. Fixation mit Formalinalkohol. Zeiss, Oc. 2., Ölimmersion  $\frac{1}{12}$ .

*a*) Stroma iridis.

*b*) Vordere (äussere) Epithellage,

*c*) Hintere (innere) Epithellage des hinteren Irispigmentes.

*d*) Bruchsche Membran (hintere Grenzsicht).

Fig. 1. Mydriasis (weite Pupille). Paraffinpräparat. Haematoxylin, Eosin. Aus der basalen Hälfte der Iris. In der vorderen Epithelschicht (*b*) hohe, seitlich (radiär zur Iris) zusammengedrückte Zellen, denen an der Grenze zum Irisstroma eine streifige Schicht von Fasern anliegt — die Bruchsche Membran. Zwischen Pigment und der Faserschicht rechts im Bilde ein rundlicher Kern der vorderen Epithelzellen sichtbar. Die hintere Epithelschicht ebenfalls aus hohen Zellen, die nur in den Konturen angegeben sind.

Fig. 2. Mydriasis. Nach Alfieri depigmentiertes Paraffinpräparat. Heidenhains Eisenalaun-Hämatoxylin. Aus der basalen Hälfte der Iris. Zwischen vorderer Epithelschicht (*b*), die noch vereinzelte Pigmentkörnchen enthält, und dem Irisstroma (*a*) die deutliche Bruchsche Membran (*d*). Bruchsche Membran durch Heidenhains Färbung schwarz, aus Fasern bestehend, die als Fortsätze der Zellen der vorderen Epithelien (*e*) zu gelten haben. Hintere Epithelien (*c*) nur in den Konturen angegeben.

sodann nur eine zweischichtige Zellage als Überzug (*b* und *c*). Die vordere (äussere) Schicht, die uns ja hier nur interessiert, setzt sich aus langgestreckten Zellen zusammen, denen nach vorn (aussen) unvermittelt das Irisstroma (*a*) folgt. Man findet also hier keine streifige Membran mit einem einseitigen kernhaltigen Protoplasmabe-

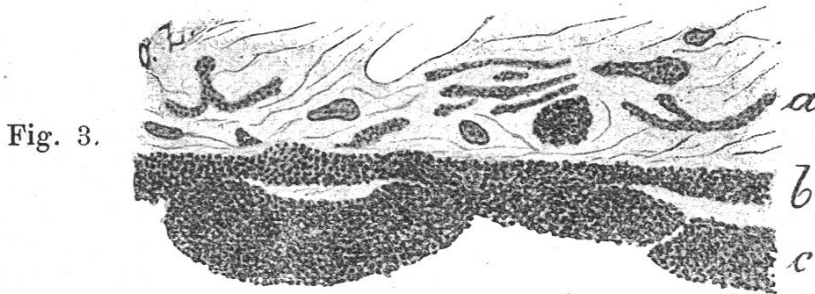


Fig. 3.

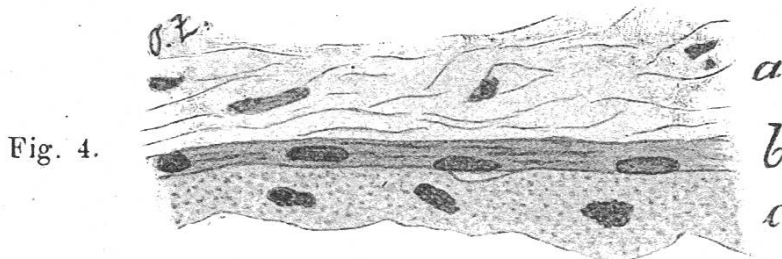


Fig. 4.

Fig. 3. Myosis (enge Pupille). Celloidinpräparat, Hämatoxylin, Eosin. Aus der basalen Hälfte der Iris. Zwischen vorderer Epithelschicht (*b*) und Irisstroma (*a*) keine Bruchsche Membran. Zellen der vorderen wie der hinteren Schicht in radiärer Richtung in die Länge gezogen.

Fig. 4. Myosis. Depigmentiertes Celloidinpräparat. Hämatoxylin, Eosin. Aus der Mitte der Iris. Bruchsche Membran fehlt. Protoplasma und Kerne der vorderen Schicht (*b*) gleichsam in die Faserschicht hineingezogen. Hintere Schicht (*c*) noch Pigmentkörnchen enthaltend.

lag. Protoplasma und Kern dieser Zellen sind gleichsam in die fibrilläre Zone durch die Dehnung der Elemente bei der Verengung der Pupille hineingezogen worden. Kommt es bei Pupillenerweiterung wieder zur Kontraktion der Dilatatorelemente, dann ziehen sich die protoplasmatischen Teile der Zelle mit dem Pigment und Kern von den Fibrillen zurück, und es entstehen dadurch wieder die merkwürdigen Zell-



formen, die im Radiärschnitt durch die Iris wenig an glatte Muskelzellen erinnern. Man sieht dann wieder am Zelleib einen einseitigen streifigen Belag von Fasern in Form zweier diametral entgegengesetzter Fortsätze, die in radiärer Richtung zur Iris verlaufen und in der Gesamtheit eine besondere Schicht, eben die Bruchsche Membran, bilden. Finden sich an solchen Präparaten noch Kerne in der pigmentfreien Zone, wie sie Levinsohn neuerdings beim Menschen wieder beschreibt, und wie sie leicht auch bei jedem Tiere zu finden sind, so kann ich diese nur als solche erklären, die bei der Kontraktion der Zellen, bzw. beim Nachlassen der Dehnung derselben in der Innenzone keinen Platz gefunden haben, oder die infolge der unebenen Beschaffenheit der Irishinterfläche im Schnitt nur scheinbar in der fraglichen Schicht liegen.

Die Bruchsche Membran ist also keine selbständige Zellmembran, sondern vielmehr eine temporäre Bildung, deren Auftreten als Kontraktionserscheinung an den Zellen der vorderen (äusseren) Schicht des Irispigmentes zu erklären ist.

#### Literatur.

1. Bayer, Lehrbuch der Augenheilkunde. II. Aufl. 1906.
2. Bruch. Zur Kenntnis des körnigen Pigments. Zürich. 1844.
3. Brücke. Über den Musculus Cramptonianus und über den Spannungsmuskel der Chorioidea. Müllers Archiv. 1846. S. 370.
4. Canfield. Über den Bau der Vogeliris. Inaugural-Dissertation. Berlin. 1886.
5. Dostoiewsky. Über den Bau des Corpus ciliare und der Iris der Säugetiere. Archiv f. mikr. Anatomie 28. 1886. S. 91.
6. v. Ebner. Köllikers Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Aufl. III. Bd. 1902.
7. Eversbusch. Vergleichende Studien über den feineren Bau der Iris. I. Der anatomische Grund der spaltförmigen Pupille. Zeitschrift für vergleichende Augenheilkunde. 1. 1882. S. 33.
8. Flemming. Über den Ciliarmuskel der Haussäugetiere. Archiv für mikroskopische Anatomie. 4. 1868. S. 353.
9. Grossmann. The mechanism of the accommodation in man. The Ophthalmic Review 1904. (Nach v. Pflugk.)

10. Grunert. Der Dilator pupillae des Menschen. Arch. f. Augenheilkunde. 36. 1898. S. 319.
11. Heine. Physiologisch-anatomische Untersuchungen über die Akkommodation des Vogelauges. Archiv für Ophthalmologie. 45. 1898. S. 469.
12. Helmholtz. Über die Akkommodation des menschlichen Auges von Graefes Archiv für Ophthalmologie 1. 1855.
13. Helmholtz. Handbuch der physiologischen Optik. II. Aufl. 1896.
14. Henle. Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. 1866.
15. Iwanoff u. Rollett. Bemerkungen zur Anatomie der Irisanheftung und des Annulus ciliaris. Archiv f. Ophthalmologie. 15. I. 1869. S. 17.
16. Leuckart. Organologie des Auges. Im Handbuch der gesamten Augenheilkunde von Graefe-Saemisch. I. Aufl. II. Bd. 2. Teil. 1876. S. 145.
17. Levinsohn. Über die hinteren Grenzsichten der Iris. Archiv f. Ophthalmologie. 62. 1906. S. 547.
18. Martin. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. I. u. II. Teil. 1902 u. 1904.
19. Melkich. Zur Kenntnis des Ciliarkörpers und der Iris bei Vögeln Anatomischer Anzeiger. 10. 1894. S. 28.
20. Michel. Über Iris und Iritis. Arch. f. Ophthalmologie. 27. II. 1881. S. 171.
21. Müller H. Über einen ringförmigen Muskel am Ciliarkörper des Menschen und über den Mechanismus der Akkommodation. Archiv für Ophthalmologie. 3. I. 1857. S. 1.
22. Derselbe. Über den Akkommodationsapparat der Vögel. Archiv für Ophthalmologie. 3. I. 1857. S. 25.
23. v. Pflugk: Über die Akkommodation des Auges der Taube nebst Bemerkungen über die Akkommodation des Affen. (Macacus cynomolgus) und des Menschen. Hab.-Schrift. Dresden. Wiesbaden 1906.
24. v. Pflugk. Antrittsrede. Dresden 1906. (Nicht gedruckt.)
25. Russo. Contribuzione alla morfologia dell'occhio della pecora (ovis aries L.) e del bove (bos taurus L.) Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 8. 1891. S. 169.
26. Schoen. Die Funktionskrankheiten des Auges. 1893.
27. Szili. Beitrag zur Kenntnis der Anatomie in Entwicklungsgeschichte der hinteren Irisschichten mit besonderer Berücksichtigung des Musc. sphincter pupillae des Menschen. Arch. f. Ophthalmologie. 53. III. 1902. S. 459.
28. Tscherning. Optique physiologique. 1898.
29. Würdinger. Vergleichende Anatomie des Ciliarmuskels. Zeitschrift für vergleichende Augenheilkunde. 4. 1886. S. 121.
30. Zietzschmann. Das Sehorgan. Im Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere von Ellenberger. Berlin, Parey. 1906.