Harn zu lassen. Der Harn fliesst nicht passiv ab, sondern wird unter Beihilfe des Bulbocavernosus ausgestossen. Bisweilen kann auch solche Harnentleerung durch äusseren Reiz reflectorisch hervorgerufen werden, es muss also ein Reflexcentrum im Lendenmark liegen. Aehnliches findet Goltz für den Afterschliesser.

Aehnlichen Schwierigkeiten, wie beim Darm, begegnen wir bei den Bewegungen des Uterus, über welche in neuerer Zeit namentlich von Oser und Schlesinger Versuche angestellt worden sind. Diese haben ergeben, dass auch hier, ähnlich wie dies auch beim Darmkanal beobachtet wurde, Abhalten des Blutes aus den Gefässen des Uterus Contractionen hervorbringt, dass aber der Erfolg einige Zeit auf sich warten lässt. Der Erfolg tritt aber viel plötzlicher auf, wenn man allgemeine oder wenn man Gehirnanämie hervorbringt. Sie überzeugten sich auch durch Durchschneidung der Medulla oblongata zwischen Atlas und Hinterhaupt, dass Impulse vom Gehirne zum Uterus gehen und ihn in Contraction versetzen, und dass sie das Rückenmark entlang fortgepflanzt werden. Die Gehirnanämie wurde nämlich unwirksam, wenn sie die Medulla oblongata durchschnitten hatten, während die locale Anämie noch ihre Wirkung äusserte. Diese Impulse sind aber sicher nicht die einzigen. Ein 24jähriges Mädchen erlitt während der Schwangerschaft einen Bruch des dritten und vierten Halswirbels. Obere und untere Extremitäten waren gelähmt, ebenso Mastdarm und Harnblase. Ebenso verbreitet war die Empfindungslosigkeit. Das Mädchen gebar ohne Schmerzen, aber das Vorhandensein von Wehen, von Uteruscontractionen, konnte objectiv sicher und deutlich constatirt werden. Von besonderem Interesse ist folgende Beobachtung von Goltz. Er hatte einer Hündin in ihrer Jugend das Rückenmark in der Höhe des ersten Lendenwirbels durchtrennt. Das Thier war geheilt, aber die Leitung nicht wieder hergestellt. Als es erwachsen war, wurde es brünstig, und Goltz liess es belegen. Es gebar ein lebendes Junges, dem noch zwei andere todte folgten, wenn auch so langsam, dass man die Entbindung durch Kunsthilfe beendigte. Es ist bemerkenswerth, dass das Thier, welches sonst alle männlichen Hunde weggebissen hatte, sich, nachdem es brünstig geworden, gutwillig belegen liess, obgleich ihm doch durch das Rückenmark keinerlei Empfindungen von seinen Geschlechtstheilen aus zugeleitet werden konnten. Es musste dies also entweder durch Bahnen des Sympathicus geschehen, oder es musste, wie es Goltz nicht für unwahrscheinlich hält, die geschlechtliche Umstimmung durch eine veränderte Beschaffenheit des Blutes bewirkt sein. Bemerkenswerth ist auch, dass sich sämmtliche Milchdrüsen entwickelten und mit Milch anfüllten, auch die vorderen, und dass das Thier dem Jungen dieselbe Zärtlichkeit und Obsorge zuwendete wie eine Hündin mit unverletztem Nervensystem.

Gesichtssinn.

Das Auge.

Im Alterthume sah man das menschliche Auge als aus drei Flüssigkeiten und drei Häuten bestehend an. Die drei Flüssigkeiten waren: der Humor aqueus, der diesen Namen auch jetzt noch trägt, der Humor crystal-

linus, den wir jetzt Lens crystallina nennen, und der Humor vitreus, den wir jetzt mit dem Namen des Corpus vitreum bezeichnen. Auch in den drei Häuten der alten Anatomen finden wir unsere Augenhäute wieder; aber die Namen haben mannigfache Wandlungen durchgemacht. Mit dem Namen Sclera, Cornea, Dura bezeichneten die alten Anatomen die jetzige Cornea und Sclerotica zusammengenommen, die äussere Haut des Augapfels. Erst später ist der Name Cornea auf den vorderen durchsichtigen Theil übergegangen, während der Name Sclera oder Sclerotica dem undurchsichtigen Theile geblieben ist. Die zweite Haut der alten Anatomen war die Tunica uvea. Sie war so genannt von einer Weinbeere, an der man den Stengel ausgerissen hat. Es war darunter nichts Anderes verstanden als die jetzige Chorioidea mit Einschluss der Iris, so dass die Pupille das Stengelloch für die Weinbeere darstellte, aus der eben der Stengel ausgerissen war. Diese Haut führte auch zugleich den Namen Chorioeides oder Chorioidea, wie es heisst, weil man ihr eine Aehnlichkeit mit dem Chorion zuschrieb. Später trennte sich der Name so, dass der hintere Theil den Namen Chorioidea behielt, und der Name Uvea, der ursprünglich das Ganze bezeichnet hatte, auf den vorderen Theil beschränkt wurde. Der vordere Theil aber, am lebenden Menschen von vorne gesehen, führte schon den Namen Iris, es blieb also jetzt nur übrig, dass eine hintere Partie dieser Iris mit dem Namen Uvea bezeichnet wurde, und daher ist das seltsame Missverständniss gekommen, welches eine Zeit lang herrschte, dass die Blendung aus zwei an einander liegenden und mit einander verwachsenen Häuten bestünde, von welchen die vordere den Namen Iris und die hintere den Namen Uvea führte. Wir werden in dem Folgenden immer den Namen Uvea, in demselben Sinne wie die alten Anatomen, für die Gesammtheit dieser Haut gebrauchen, und dagegen die Namen Iris und Chorioidea auf die einzelnen Partien in der jetzt üblichen Weise vertheilen.

Die dritte dieser Häute war die Tunica retina, auch Aranea Arachnoidea, die Spinnwebenhaut genannt. Diese umfasste das, was wir jetzt Retina nennen, ausserdem das, was wir jetzt Zonula Zinnii nennen, und in der ältesten Zeit auch noch die vordere Wand der Linsenkapsel. Die Namen dieser Haut rühren sämmtlich von einem Theile her, den wir jetzt nicht mehr mit dem Namen der Retina bezeichnen. Sie wurde Retina genannt, weil man sie mit einem Netze, das oben zusammengezogen ist, verglich, und der zusammengezogene Theil, der zu diesem Vergleiche Veranlassung gab, war, wie begreiflich, nicht unsere jetzige Retina, sondern die Zonula Zinnii. Auch der Name Aranea oder Arachnoidea rührt von der Zonula Zinnii her, indem man die strahlige Figur, die die Zonula Zinnii von vorne gesehen darbietet, mit dem strahligen Gewebe einer Kreuzspinne verglich. Später wurde die Linsenkapsel als besondere Haut, als Phakoeides, unterschieden, so dass also der Name Retina oder Aranea auf unsere jetzige Retina und auf unsere jetzige Zonula Zinnii, welche noch in verhältnissmässig später Zeit als ein Theil der Retina betrachtet wurde, beschränkt war.

Auch das, was wir jetzt mit dem Namen Conjunctiva bezeichnen, ist in der Weise, wie wir es jetzt beschreiben, erst in verhältnissmässig später Zeit beschrieben worden. Wir finden freilich eine Tunica adnata beschrieben, aber diese entspricht im Alterthume und in der ganzen gale-

nistischen Periode, ja selbst noch bei mehreren Anatomen des 17. Jahrhunderts nicht dem, was wir jetzt Conjunctiva nennen, sondern einem Bindegewebstracte, welcher sich aus der Tiefe der Orbita, vom Rande des Foramen opticum über den Augapfel hin verfolgen lässt. Es ist dies die Capsule du globe de l'œil einiger späterer französischer Anatomen. Vesal leitete als der Erste die Conjunctiva so wie wir von der inneren Haut der Augenlider her. In Wahrheit ist unsere Conjunctiva keine selbstständige Membran. So wie wir sie für die anatomische Demonstration präpariren, können wir sie nur darstellen, indem wir eine Menge von Bindegewebe durchschneiden. Wir unterscheiden bekanntlich eine Conjunctiva bulbi und eine Conjunctiva palpebrarum. Wir präpariren sie so, dass wir das ganze Auge mit den Augenlidern ausschneiden und dann das Bindegewebe rückwärts wegnehmen, so dass wir eine sackförmige Haut erhalten, an der, wenn wir sie an den Augenlidern aufheben, der Bulbus hängt, indem er mit der Hornhaut den convexen Boden dieses Sackes bildet. Wir sind aber dabei nur einer Oberfläche gefolgt, die uns durch ihre Erkrankungen ein wesentliches Interesse darbietet, nicht die Oberfläche einer anatomisch selbstständigen Haut darstellt. Wir haben mit dem Messer die Faserzüge durchtrennt, mittelst welcher sich die Substanz der sogenannten Bindehaut in die des tiefer liegenden Bindegewebes der Augenhöhle fortsetzte.

Die Hornhaut.

Die Cornea stellt den Scheitelabschnitt eines etwas schiefliegenden Ellipsoids dar, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken muss. Sie ist in ihrer ganzen Ausdehnung näherungsweise von gleicher Dicke, beim Erwachsenen aber in der Mitte, gegen den Corneascheitel hin, etwas dünner, am Rande etwas dicker. Beim Neugebornen findet das Umgekehrte statt, indem bei diesem die Cornea im Scheitel am dicksten ist und ihre Dicke gegen den Rand hin etwas abnimmt. Die Cornea besteht aus vier Schichten: einem vorderen geschichteten Pflasterepithel, dann aus der sogenannten Substantia propria corneae, die bei Weitem die Hauptmasse derselben ausmacht, drittens aus der glasartigen Lamelle der Hornhaut oder der sogenannten Descemet'schen Membran, und endlich aus einem Epithel, das die Descemet'sche Haut rückwärts bekleidet. Das vordere äussere Epithel steht in directem Zusammenhange mit dem der Bindehaut. Die tiefste Schicht desselben besteht aus verhältnissmässig hohen und schlanken Zellen, die durch polyedrische in abgeplattete übergehen, welche an der Oberfläche in mehreren Schichten über einander liegen. Die zweite Schicht, die Substantia propria corneae, hat zu mancherlei Controversen Veranlassung gegeben. Man erkannte frühzeitig, dass sie aus Fasern besteht, und Johannes Müller fand, dass das Hornhautgewebe sich auch in chemischer Hinsicht wesentlich von dem der Sclera und vom Bindegewebe und fibrösen Gewebe überhaupt unterscheidet. Er fand, dass es beim Kochen Chondrin gibt. Er sagte deshalb, die Cornea sei der einzige wahre Faserknorpel, weil der gewöhnlich sogenannte Faserknorpel aus leimgebenden Fasern und Knorpelsubstanz, die zwischen den leimgebenden Fasern eingesprengt ist, besteht. Morochowetz gibt indessen an, dass die Corneafasern beim Kochen nur Leim ohne alle Chondrinreactionen geben, wenn man ihnen durch Kalk-

oder Barytwasser alles darin Lösliche entzogen hat. Später ist die faserige Natur der Cornea geleugnet worden. Man hat sie als lediglich aus Lamellen bestehend dargestellt. Rollett hat aber nachgewiesen, dass die alte Ansicht, dass die Cornea aus Fasern bestehe, die richtige ist. Man hatte immer den Vorwurf erhoben, dass die Fasern durch künstliche Spaltung, durch Bearbeiten der Cornea mit der Nadel hervorgebracht würden; die Streifung, die man auf dem Schnitte sehe, rühre nicht von Fasern, sondern von Lamellen her. Rollett wies aber nach, dass man auch ohne Anwendung von Nadeln die Fasern erhalten könne, wenn man die Kittsubstanz, die dieselben hier, wie im Bindegewebe, miteinander verbindet, durch übermangansaures Kali zerstört. Dann kann man durch blosses Schütteln die ganze Cornea in ein Haufwerk von Fasern auflösen. Diese Fasern liegen in Bündeln, die mattenartig durchflochten sind und gerade in der menschlichen Cornea einen verhältnissmässig unregelmässigen Verlauf haben. Schon bei den Wiederkäuern haben diese Bündel eine etwas regelmässigere Lage, kreuzen sich mehr unter rechten Winkeln. In noch höherem Grade ist dies bei den Vögeln der Fall. In dem von den Bündeln gebildeten Mattenwerk sind bestimmt geformte und begrenzte Zwischenräume, und diese sind von lebenden Zellen bewohnt, welche den Bindegewebskörperchen analog sind, und die man hier mit dem Namen der Corneakörperchen bezeichnet. Diese Zellen haben aber nicht alle feste Wohnsitze. Sie strecken zum Theil nicht nur wie andere amöboide Zellen Fortsätze aus und ziehen sie zurück, sondern sie strecken Fortsätze in der Weise aus, dass sie sich in ein langes, keulenförmiges Gebilde verwandeln. Der Fortsatz ist in einen Communicationsgang zwischen zwei grösseren Räumen hineingesteckt, und wird immer weiter bis in den andern Raum vorgeschoben, dann immer mehr und mehr von dem Protoplasma nachgezogen, so dass endlich die Figur einer Keule in umgekehrter Lage entsteht, dass sich der Zellenleib dort befindet, wo früher die Spitze des Fortsatzes war. Der Fortsatz, der jetzt dem Protoplasmaleibe nachschleppt, wird endlich eingezogen, und auf diese Weise hat die ganze Zelle einen Weg in der Cornea zurückgelegt. Diese Zellen sind die sogenannten Wanderzellen der Cornea.

Recklinghausen hat vor einer Reihe von Jahren gezeigt, dass auch Lymphkörperchen in die interstitiellen Gewebsräume der Cornea einwandern können. Er zerstörte in einer Hornhaut auf mechanischem Wege die darin enthaltenen Hornhautkörperchen. Hierauf brachte er sie in den Lymphraum eines Frosches und fand nun, dass die amöboiden Zellen, die Lymphkörperchen, aus dem Lymphraume des Frosches in die Cornea einwanderten und sie von Neuem bevölkerten. Die Cornea niederer Thiere, namentlich die der Frösche und der Salamander, gibt das beste Object ab, um die Wanderung von amöboiden Zellen, wie sie unzweifelhaft auch an anderen Orten im menschlichen Körper stattfindet, zu beobachten. Sie wird frisch ausgeschnitten und als Ganzes in der feuchten Kammer, von der mehrere Formen von Recklinghausen und von Stricker angegeben wurden, vor Verdunstung geschützt, beobachtet. Dann sieht man, wie diese Zellen ihre Fortsätze ausstrecken und einziehen, wie sie ihren Ort verändern u. s. w.

Wenn man den todten Augapfel zwischen den Fingern presst, so wird die Hornhaut trüb, und klärt sich wieder, sobald der Druck nach-

lässt. Ebenso beobachtet man Trübung der Hornhaut am Lebenden, wenn der Druck im Inneren des Auges, der sogenannte intraoculäre Druck, sich über ein gewisses Maass steigert. Nach den Untersuchungen von E. v. Fleischl hängt diese Trübung damit zusammen, dass die Fasern der Hornhaut durch den von der stärkeren Spannung herrührenden Zug doppelbrechend werden.

Man hat an der Substantia propria corneae oder vielmehr zwischen ihr und dem Epithel eine Tunica elastica anterior beschrieben, so dass man dann die Descemet'sche Haut als Tunica elastica posterior bezeichnete. Eine solche selbstständige Tunica elastica anterior existirt aber nicht, sondern nur eine festere, dichtere, oberflächliche Lage der Substantia propria corneae. Beim Menschen zeichnet sie sich auf Querschnitten besonders aus, mehr als bei den meisten Thieren, und ihre Verbindung mit der übrigen Hornhaut ist namentlich gegen den Rand hin weniger fest. Hier sieht man bisweilen von hereinwuchernden Neubildungen eine Schicht abgehoben, die der Descemet'schen Haut täuschend ähnlich ist. Aber auch sie ist nichts Anderes als die von Hornhautkörperchen fast vollständig freie vorderste Schicht der Substantia propria corneae. Schon Rollett wies nach, dass diese vorderste Schicht von übermangansaurem Kali ebenso angegriffen wird wie die übrige Substantia propria, während die Descemet'sche Haut unversehrt bleibt. Auch durch entzündliche Auflockerung und Geschwürsbildung wird sie unter denselben Erscheinungen zerstört wie die übrige Substantia propria.

Auf die Substantia propria corneae folgt die Descemet'sche Haut. Diese ist eine glasartige, structurlose Membran. Sie ist so gleichmässig durchsichtig, dass, wenn ein Lappen von ihr unter dem Mikroskope liegt, der das halbe Sehfeld einnimmt, man nicht weiss, auf welcher Seite der Schnitt liegt und auf welcher Seite kein Object vorhanden ist. Nur auf Schnitt- und auf Rissflächen sieht man eine leichte Streifung, welche auf einen lamellösen Bau schliessen lässt. Beim Menschen bringt man sie gewöhnlich nur in kleineren Stücken herunter, die, wenn sie etwas grösser sind, sich krümmen und einrollen, in ähnlicher Weise wie ein Papier, das längere Zeit zusammengerollt gewesen ist. Bei manchen Thieren aber, beim Kaninchen und mehr noch beim Hasen, kann man sie durch Maceration als Ganzes darstellen. Sie wurde unter verschiedenen Namen beschrieben: als Membrana Descemetii, Membrana Demoursii, Membrana Duddeliana, Membrana humoris aquei u. s. w. Wenn man sie nach ihrem Entdecker nennen will, muss man sie Membrana Descemetii nennen, weil sie Descemet zuerst und richtig beschrieben hat. Den Namen der Membrana humoris aquei hat man ihr irrthümlicher Weise gegeben, indem man glaubte, dass sie die ganzen Augenkammern auskleide und den Humor aqueus absondere. Es hing das mit gewissen Vorstellungen zusammen, nach welchen die Flüssigkeiten, welche sich in den serösen Höhlen befinden, von den Häuten, die diese Höhlen begrenzen, durch eine eigene specifische Thätigkeit abgesondert werden sollten. Wir wissen aber heutzutage, dass es nicht die serösen Häute als solche, sondern vielmehr die Blutgefässe sind, welche in dem durch ihre Wandungen gedrungenen Plasma das Material zu solchen Flüssigkeiten hergeben. Wenn es aber eine Haut gibt, die ungeeignet wäre, Flüssigkeiten abzusondern, so ist es gewiss die Descemet'sche Haut, weil sie fester, widerstandsfähiger, undurch-

gängiger ist als irgend eine Membran des menschlichen Körpers, die Linsenkapsel etwa ausgenommen. Man kann mit mehr Wahrscheinlichkeit sagen, dass ihr wesentlicher Nutzen darin besteht, dass sie die hintere Fläche der Cornea mit einer für wässerige Flüssigkeiten schwer durchgängigen Schicht bekleidet und so die Infiltration des Humor aqueus in die Cornea beschränkt. Ihre Widerstandsfähigkeit zeigt sich auch bei Geschwürsbildungen. Wenn ein trichterförmiges Geschwür schon die ganze Substantia propria corneae durchbrochen hat, sieht man noch im Grunde des Geschwürs die Descemet'sche Membran erhalten, so dass sie wie eine helle, durchsichtige Perle im Grunde des Geschwürs steht und erst nach längerer Zeit durchbrochen wird. Ferner zeigt sie sich sehr widerstandsfähig gegen Reagentien und widersteht dem Kochen lange Zeit; von alkalischer Trypsinlösung aber wird sie nach Ewald und Kühne unter starkem Aufquellen verdaut. Sie bekleidet, wie gesagt, die Rückseite der Cornea, geht aber nicht auf die Iris über, sondern hört an der Grenze der Sclera mit einem Rande auf, der sich zwischen diese und den an ihr angehefteten Ciliartheil der Iris einschiebt, und an dessen Innenseite sich der später zu beschreibende Musculus tensor chorioideae ansetzt. Dieser Rand weist grosse Verschiedenheiten und merkwürdige Bildungen auf. Einerseits umgibt er bei manchen Thieren scheidenförmig Faserbündel, die als Theile des Ligamentum iridis pectinatum von der Iris zur Hornhaut gehen, andererseits endet er beim Menschen verdünnt und zugeschärft zwischen und hinter den Strängen des Ligamentum iridis pectinatum und stellenweise von denselben durchbohrt. Nach innen ist sie mit einem einschichtigen Pflasterepithel bekleidet, das aus einer einfachen Lage durchsichtiger Zellen mit stark prominirenden Kernen besteht. Dieses Epithel der Descemet'schen Haut setzt sich auf die Iris fort und geht in die oberste Lage der Zellen über, welche die Iris nach vorn zu überkleiden.

Die Nerven der Cornea kommen von den Ciliarnerven und treten ringsum am Rande der Hornhaut als kleine Stämmchen ein. Sie verzweigen sich in der ganzen Ausdehnung derselben und scheinen in zweierlei Weise zu endigen. Zunächst in der Tiefe der Cornea. Hier hat Kühne auf ein eigenthümliches Verhalten der Nerven zu den Hornhautkörpern aufmerksam gemacht. Er fand, dass diese, wenn sie ihre Fortsätze ausgestreckt hatten, durch letztere wenigstens theilweise mit den Enden der Nervenfasern in Verbindung standen. Reizte er die Nerven, so zogen die Corneakörperchen ihre Fortsätze ein und standen nun nicht mehr mit den Nervenfasern in Verbindung, so dass hier kein wirkliches Zusammenhängen, sondern nur eine Aneinanderlagerung von Fortsätzen und Nervenfasern stattfindet und doch eine Uebertragung der Erregung, wenn man nicht etwa annehmen will, dass die Verbindung vorher eine wirkliche war und durch die plötzliche Contraction zerriss. Der Zusammenhang der Nervenfasern mit den Hornhautkörperchen ist mehrfach bestritten, aber in neuerer Zeit von Königstein insofern bestätigt worden, als er an Hornhäuten, die mit Gold gefärbt waren, die Hornhautkörperchen noch an den Nervenfäden hängend fand, nachdem er die Fasern durch Salzsäure zerstört hatte. Mit der anderen Art der Endigung der Nervenfasern sind wir durch die Untersuchungen von Cohnheim bekannt gemacht worden. Er fand an Goldpräparaten, dass auf der oberen Schichte der Substantia propria corneae ein dichter Plexus von sehr feinen marklosen Fasern liege,

die sich nach rückwärts bis zu den schon früher bekannten tieferliegenden Fasern verfolgen liessen. Von diesen dringen sehr feine marklose Fäden nach aufwärts zwischen die Epithelzellen, um zwischen denselben blind zu endigen.

Blutgefässe hat nur der Randtheil der Cornea. Sie kommen von der Conjunctiva und überschreiten den Rand der Cornea an beiden Seiten etwa um 1 Mm., von unten her etwa um $1^1/_2$ Mm., und von oben her etwa um 2 Mm. Es entsteht dadurch ein gefässfreies Feld auf der Cornea, welches seiner Gestalt nach einer Ellipse mit horizontal liegender grosser Axe nahe kommt. Am Rande dieser Ellipse endigen die Blutgefässe mit arkadenförmigen capillaren Schlingen. Mehr in der Tiefe werden die eintretenden Nervenstämmchen von umspinnenden Gefässen begleitet, die noch etwas weiter vordringen als die eben erwähnten, von der Conjunctiva stammenden Blutgefässe. Man hat der übrigen Hornhaut noch ein System von feineren Gefässen, welches von den Capillargefässen aus gespeist werden soll, zugeschrieben, ein System von so feinen Gefässen, dass in sie keine Blutkörper eindringen, sondern nur Plasma. Ein solches existirt hier nicht. Man glaubte die speisenden Capillaren in feinen, radial verlaufenden und anscheinend blind endigenden Gefässen am Hornhautrande zu sehen. Aber diese sind nichts Anderes als die radial verlaufenden Schenkel der Endschlingen. Wenn man dergleichen Injectionen im frischen Zustande untersucht, so findet man noch Blutkörperchen im Verbindungstheile zweier solcher Schenkel angesammelt. Diese Bilder entstehen dadurch, dass die Injectionsmasse von beiden Seiten eine Portion Blut zwischen sich eindrängt und nun nicht die ganze Schlinge erfüllen kann.

Man hat sich vielfach auf die pathologischen Erscheinungen berufen und gesagt, es müssten normaler Weise in der Hornhaut Gefässe vorhanden sein, weil diese bei Entzündung derselben so rasch erscheinen. Diese Beweisführung hat aber heutzutage keinen Werth mehr, seit man die Geschwindigkeit kennt, mit welcher sich pathologische Gefässe bilden können. Früher, als man sich noch der erstarrenden körperlichen Injectionsmassen bediente, konnte man glauben, dass hier in der That ein feines Gefässnetz sei, welches nur äusserst schwer injicirt wird. Heutzutage aber, wo wir mit Injectionsmassen, die keine festen Körper enthalten, mit Carmin, löslichem Berlinerblau u. s. w. injiciren, können wir mit Sicherheit sagen, dass hier keine Gefässe vorhanden sind, da an gesunden Augen sich die Gefässgrenze immer in ein und derselben Weise darstellt.

Lymphgefässe sind auch in der Cornea beschrieben worden. Es ist keine Frage, dass, wenn man einen Einstich macht und eine gefärbte Masse hineintreibt, mittelst derselben ein System von interstitiellen Gewebsräumen, von Saftkanälen, zwischen den Fasern der Cornea erfüllt wird. Es sind dies dieselben interstitiellen Gewebsräume, in welchen die Corneakörperchen theils liegen, theils ihre Wanderungen vollziehen, erweitert und gelegentlich auch vermehrt durch den Druck der Injectionsmasse. Von wirklichen Lymphgefässen kann aber hier keine Rede sein, schon deshalb nicht, weil hier keine Blutgefässe vorhanden sind und bekanntlich die Lymphgefässe immer nur die Kanäle darstellen, die das von den Capillaren überflüssig ausgeschiedene Plasma zurückführen.

Die Sclerotica.

Die Sclerotica ist eine fibröse Membran. Sie ist am dicksten am hinteren Umfange des Auges, verdünnt sich dann gegen den Aequator des Augapfels hin und dann noch mehr unter den Ansätzen der geraden Augenmuskeln; dann verdickt sie sich wieder, indem die Fasern von den Sehnen der geraden Augenmuskeln nach vorne und nach den Seiten hin in sie ausstrahlen und so gewissermassen, indem sie sich mit den Scleroticafasern verflechten, eine neue Schicht bilden. Diese vordere Verdickung, welche die Sclera unter Mitwirkung der Sehnen der geraden Augenmuskeln erfährt, ist als eigene Membran, als die sogenannte Tunica innominata Columbi beschrieben worden. Sie stellt aber keine solche dar, sondern lässt sich nur gewaltsam mit dem Messer ablösen. Die Sclera ist verhältnissmässig gefässarm und enthält unter ihrer inneren Oberfläche ein ziemlich weitmaschiges Netz von Capillaren. An der Eintrittsstelle des Sehnerven findet sich ein schon Haller bekannter arterieller Gefässkranz, der zahlreiche Aeste in das Bindegewebe sendet, welches die einzelnen Bündel der Sehnervenfasern von einander trennt. An der inneren Seite der Sclera hat man eine Lamina fusca scleroticae unterschieden. Unter diesem Namen sind aber zwei verschiedene Dinge beschrieben worden. Bei vielen Thieren hat die innere Partie der Sclera selbst Pigmentzellen, so dass die innere Oberfläche derselben gefärbt ist; und das hat man als Lamina fusca scleroticae beschrieben. Andererseits aber befindet sich zwischen der Chorioidea und der Sclera ein zartes, bei brünetten Menschen pigmentirtes Gewebe, das seinem histologischen Charakter nach dem Stroma der Chorioidea gleich ist, das aber häufig der Sclera fester anhaftet als der Chorioidea, so dass es, wenn man in der gewöhnlichen Weise die Sclera von der Chorioidea abtrennt, als ein weicher, gefärbter Ueberzug auf der Innenfläche der Sclera bleibt. Auch dieses Gewebe ist mit dem Namen der Lamina fusca scleroticae bezeichnet worden.

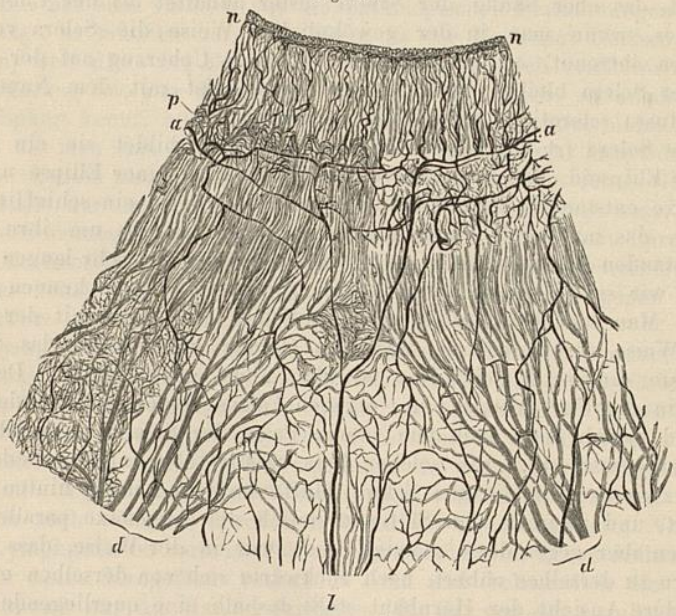
Die Sclera ist bald mehr kugelförmig, bald bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden denken kann; seltener bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken kann. Letzteres kommt bei den sehr langen Augen vor, die wir später als die sehr kurzsichtiger Individuen kennen lernen werden. Man sagt gewöhnlich, dass die Sclera nach vorn mit der Cornea in der Weise verbunden sei, dass die Cornea wie ein Uhrglas in eine Uhr in sie eingesetzt sei. Das ist aber nicht ganz richtig. Das Uhrglas ist in die Uhr mittelst eines eigenen Falzes eingefasst, und dem entsprechend sprach man auch von einem Falze der Sclera, in welchen die Cornea eingesetzt sei. Ein solcher Falz existirt aber nicht, sondern die Grenze zwischen Cornea und Sclera läuft von vorne nach hinten geradlinig fort, und zwar an den Seiten ziemlich der Augenaxe parallel, oben und unten aber gegen diese geneigt, und zwar in der Weise, dass sie sich nach vorn zu derselben nähert, nach rückwärts sich von derselben entfernt. Die vordere Ansicht der Hornhaut stellt deshalb eine querliegende Ellipse dar, während sie von rückwärts kreisförmig erscheint. Bei diesem theilweise schrägen Verlaufe zwischen Cornea und Sclera kann man bei der beträchtlichen Dicke der Häute schon in einiger Entfernung von der

äusserlich sichtbaren Grenze zwischen Cornea und Sclera ein Instrument durch die letztere stossen und gelangt mit demselben doch noch in die vordere Augenkammer. Erst wenn man noch weiter nach rückwärts eingeht, kommt man in die hintere Augenkammer und zum Linsenrande. Die Descemet'sche Haut hört an dieser Stelle, wie erwähnt, mit einem zugeschärften Rande auf. Unmittelbar an der Grenze der Cornea, aber noch in der Substanz der Sclera, liegt der sogenannte Canalis Schlemmii. Schlemm fand an Erhängten einen mit Blut gefüllten Ring, der die Peripherie der Cornea umfasste. Er untersuchte denselben näher und fand, dass er in jedem Auge vorhanden, nur nicht stets mit Blut gefüllt sei, dass man ihn aber an jedem Auge mit Quecksilber füllen könne. Er beschrieb diesen Ring, der schon früher gesehen, aber mit dem später zu beschreibenden Canalis Fontanae, dann auch mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt war, als einen venösen Sinus, der die Cornea umfasse, und dieser Sinus ist nach ihm der Canalis Schlemmii genannt worden. Er ist aber kein einfacher Sinus im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern er besteht, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, aus mehreren Venen, die sich zu einem ringförmigen Plexus vereinigen und die Peripherie der Cornea umfassen.

Die Tunica uvea.

Die Tunica uvea kann räumlich eingetheilt werden in die Blendung, in den Ciliartheil (Corpus ciliare) und in die Chorioidea im engeren

Fig. 23.



Sinne des Wortes. Wenn man sich von dem Aufbaue der Uvea eine Vorstellung machen will, so fängt man am besten mit der Beschreibung

der Gefässe an, die hier einen grösseren Bruchtheil der Gesammtmasse als bei den meisten anderen anatomischen Gebilden ausmachen. Erst durch eine ausgezeichnete, von Leber im Ludwig'schen Laboratorium ausgeführte Arbeit haben wir eine richtige Einsicht in die Anordnung derselben und in den Blutlauf des Augapfels erhalten.

Man muss dreierlei arterielle Zuflüsse unterscheiden. Erstens die Arteriae ciliares posticae breves, kleine Stämmchen, die etwa zwanzig an der Zahl am hinteren Pole des Auges und im Umkreise des Sehnerven die Sclera durchbohren, in die Chorioidea eintreten, sich in derselben verbreiten und ein reiches, dichtes Capillarnetz bilden, welches die innerste Schichte des Gefässgerüstes bildet. Die Capillaren liegen also hier nach innen von den Arterien und Venen. Zweitens muss man die Arteriae ciliares posticae longae (Figur 23 *l*) unterscheiden, die, zwei an der Zahl, die eine an der Schläfenseite, die andere an der Nasenseite, nach vorwärts gehen, sich, wenn sie im Ciliartheile der Chorioidea angelangt sind, gabelförmig theilen und mit ihren Aesten einen Kranz bilden, indem diese miteinander anastomosiren. Dieser Kranz umfasst die Iris und heisst der Circulus iridis arteriosus major (Figur 23 *a*, *a*). Von diesem gehen Aeste in den Ciliartheil der Chorioidea, in den später näher zu beschreibenden Spannmuskel und in die Ciliarfortsätze. Ein anderer Theil der Aeste geht in die Iris. Die dritte Art der arteriellen Zuflüsse besteht in kleinen Aesten, die sich von den Augenmuskelarterien abzweigen, die Sclera in ihrem vorderen Theile durchbohren (Figur 24 *c*, *c*) und ihr Verbreitungsgebiet theils im Ciliartheile der Chorioidea, theils in der Iris haben. Diese Gebilde haben also zweifache arterielle Zuflüsse, die einen durch die Arteriae ciliares posticae longae, die anderen durch die Arteriae ciliares anticae. Die Arterien der Blendung bilden nahe dem Pupillarrande einen zweiten Anastomosenkranz, den Circulus iridis arteriosus minor (Figur 23 *n*, *n*). Das Venenblut, das aus dem vorderen Theile der Uvea zurückgeführt wird, hat verschiedene Abflüsse. Es geht theils durch Venen ab, welche als Venae ciliares anticae bezeichnet werden, am vorderen Theile des Auges die Sclerotica durchbohren und mit den Venen des Canalis Schlemmii, die aber kein Irisblut aufnehmen, zusammenhängen; theils fliesst es durch die Venennetze der Processus ciliares, Figur 23 *p*, Figur 24 *b*, die der Hauptsache nach von den Irisvenen gespeist werden, aber auch etwas Blut aus dem nach aussen von ihnen liegenden Spannmuskel aufnehmen. Diese Venennetze, welche das eigentliche Gerüst der Ciliarfortsätze bilden, sind, 70 bis 72 an der Zahl, zwischen die Falten der Zonula Zinnii eingesenkt. Aus ihnen verlaufen die Venen in kleinen, parallel neben einander liegenden

Fig. 24.

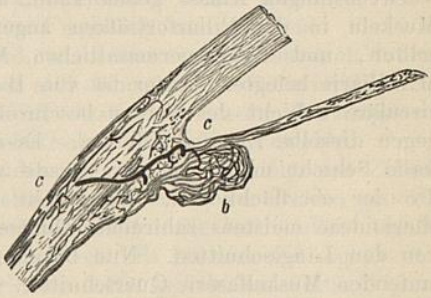


Fig. 23 und 24 nach Leber.

Stämmen nach rückwärts bis zur Ora serrata retinae, wo das Capillarnetz der Chorioidea beginnt. Sie nehmen dessen Blut auf und setzen sich zu grösseren Aesten (Figur 23 *d*) zusammen, die in bogenförmigem Verlaufe in sechs, bisweilen auch nur in fünf oder vier Stämme zusammenfliessen, so dass springbrunnenförmige Gefässfiguren entstehen, die schon mit blossem Auge und ohne Injection als solche kenntlich sind. Das sind die Vasa vorticosa Stenonis, so genannt nach dem dänischen Anatomen Stenson. Diese also führen, indem sie nicht weit hinter dem Aequator die Sclerotica durchbohren, den bei weitem grössten Theil des Venenblutes der Uvea aus dem Augapfel ab.

Die Tunica uvea enthält drei Muskeln. Erstens den M. tensor chorioideae, der mit einer Insertion, die, aus verzweigtem, netzförmigen Bindegewebe gebildet, am Rande der Descemet'schen Haut befestigt ist. Die Fasern laufen nach rückwärts und setzen sich an die Chorioidea an. Es sind glatte, organische Muskelfasern. Wenn sich diese Fasern contrahiren, so ist es begreiflich, dass sie die Chorioidea um die Retina und den Glaskörper anspannen müssen. Ich habe deshalb diesen Muskel Tensor chorioideae genannt. Er wird in neuerer Zeit auch als Ciliarmuskel bezeichnet. Gegen diesen Namen ist einzuwenden, dass er insofern zu Verwechslungen Anlass geben kann, als man früher irrthümlicher Weise Muskeln in den Ciliarfortsätzen angenommen hat, die zur Linse gehen sollten, und diese vermeintlichen Muskelfasern mit dem Namen des M. ciliaris belegte. Später ist von Heinrich Müller noch eine tiefere, circuläre Schicht des Tensor beschrieben worden. In späterer Zeit sind gegen dieselbe Zweifel erhoben. Es ist sicher, dass die Fasern der tieferen Schicht meist weniger gerade von vorn nach hinten verlaufen als die der oberflächlichen. Man sieht auf Meridianschnitten vom Tensor chorioideae meistens zahlreiche Querschnitte von Muskelfasern nach innen von den Längsschnitten. Nun bekommt man aber leicht von schräg verlaufenden Muskelfasern Querschnitte, und ausserdem geschieht es bei der Weichheit der Gebilde, dass, wenn die oberflächlichen Fasern sich etwas zusammenziehen, die tiefer liegenden sich im Zickzack biegen und dadurch Querschnitte entstehen. Es ist angegeben worden, dass man bisweilen glückliche Schnitte erhalte, auf denen gar keine Querschnitte von Muskelfasern zu sehen sind. Aber diese können wiederum nicht als beweisend betrachtet werden gegen die Existenz eines inneren Ringmuskellagers, denn nach den Untersuchungen von Iwanoff verhalten sich verschiedene Augen sehr verschieden. Nach ihm fehlt das Ringmuskellager in kurzsichtigen Augen in der Regel, ist aber in solchen, die in der Richtung der Axe besonders kurz sind, und die wir später unter dem Namen der hypermetropischen kennen lernen werden, auffallend stark und deutlich entwickelt. Diese Angaben sind auch von anderen Ophthalmologen bestätigt worden.

Der zweite Muskel ist der Sphincter pupillae, der als ein Band von etwa 1 Mm. Breite die Pupille umgibt und hier, abgesehen von der hinteren Pigmentlage, sich durch die ganze Iris erstreckt. Von ihm aus lässt sich der viel ausgedehntere, aber viel dünnere M. dilatator pupillae verfolgen. Dieser inserirt sich einerseits am Sphincter pupillae, andererseits an der Verbindung des Margo ciliaris Iridis mit dem Ciliartheile der Chorioidea. Er bildet eine dünne radiale Lage, die nach hinten

von den Blutgefässen, den Nerven und dem Irisstroma, aber nach vorn von der hinteren Pigmentbekleidung der Iris liegt.

Das Stroma, in welches alle diese Gebilde eingelagert sind, ist sowohl bei der Chorioidea als bei der Iris verzweigtes Bindegewebe. Die braunen und die schwarzen Augen sind solche, in denen dieses Stroma pigmentirt ist, die blauen sind solche, bei denen dieses Stroma nicht pigmentirt ist, wo deshalb das durchscheinende Gewebe der Iris als ein trübes Medium vor einem dunklen Hintergrunde, vor der hinteren Pigmentbekleidung der Iris, liegt. Da dieses Stroma sein Pigment meistens erst im extrauterinen Leben bekommt, so werden die Kinder in der Regel mit blauen Augen geboren, wie dies schon Aristoteles gewusst hat. Er sagt: Die Kinder werden mit dunkelblauen Augen geboren und erst später bekommen sie braune oder hellblaue Augen. Das Letztere ist ebenfalls richtig. Die Augen werden heller blau, weil die Masse des trübenden Gewebes sich vermehrt, und deshalb eine grössere Menge Lichtes reflectirt wird, als dies bei Neugeborenen der Fall ist. — Dieses verzweigte Bindegewebe bildet einen dichten Filz, so dass namentlich in der Chorioidea des Erwachsenen es kaum noch möglich ist, die einzelnen Zellen mit ihren Fortsätzen von einander zu isoliren. Man kann aber bei schwach pigmentirten Augen sehr gut einzelne stark pigmentirte Zellen mit ihren Ausläufern in der schwächer pigmentirten Umgebung wahrnehmen.

Das Stroma der Chorioidea wird, wenn man von aussen nach innen fortschreitet, immer fester und schliesst nach innen zu ab mit einem dünnen, glashellen, von feinen, wie es scheint, elastischen Fasern durchzogenen Häutchen, Kölliker's Glashaut oder elastischer Lage der Chorioidea.

Das Innere der ganzen Chorioidea ist von einer Schicht von Zellen ausgekleidet, welche ihrer Entwickelung nach schon zur Retina gehört, anatomisch aber zur Chorioidea gerechnet wird. Sie ist in allen Augen mit Ausnahme derer von Albinos pigmentirt. Es ist dies die sogenannte innere Pigmentauskleidung der Chorioidea. Sie besteht aus sechseckigen, sehr regelmässigen Zellen, die mit körnigem Pigmente erfüllt sind und in welche die äussersten Elemente der Retina, die Stäbchen und Zapfen, eingesenkt sind. Nach den Untersuchungen von Ant. Frisch wird das Pigment erst nach dem Tode rundkörnig oder, wie es oft abgebildet wird, nierenförmig. Im Leben stellt es scharfkantige Gestalten dar, oft prismen- oder schienenförmig, die sich in die Zwischenräume zwischen den Enden der Retinastäbchen einschieben. Die Zellen setzen sich nach vorn zu fort, werden im Ciliartheile der Chorioidea mehr platt und geschichtet, überziehen die Processus ciliares, und das Lager erreicht seine grösste Dicke an der hinteren Seite der Iris, wo es sich bis zum Rande derselben fortsetzt. Es ist in diesem ganzen Verlaufe pigmentirt, nur auf den Firsten der Ciliarfortsätze ist es bei Erwachsenen nicht pigmentirt. Wenn man deshalb das Auge eines Erwachsenen durchschneidet und die vordere Hälfte desselben von rückwärts ansieht, so sieht man um die Linse herum einen weissen Strahlenkranz, der durch die nicht pigmentirten Firste der Ciliarfortsätze hervorgebracht wird. Bei neugeborenen Kindern ist dies nicht der Fall.

Die Nerven der Tunica uvea sind die Ciliarnerven. Sie durchbohren die Sclerotica in vierzehn, selten weniger, häufig mehr Stämmen an ihrer hinteren Hemisphäre in der Richtung von hinten nach vorn, so dass sie

häufig in einer Länge von 3 bis 4 Millimetern in derselben verharren. Der grösste Theil derselben nimmt seinen Ursprung aus dem Ganglion ciliare, durch das sämmtliche motorische Fasern für das innere Auge gehen, während demselben ein Theil der sensiblen durch die N. ciliares longi aus dem Nasociliaris zukommt. Die auf und in dem Gewebe der Chorioidea nach vorn verlaufenden Ciliarnerven verzweigen sich im Ciliartheil, zumeist im Spannmuskel der Chorioidea, dann in der Iris und in der Hornhaut.

Die Tunica uvea ist mit dem Rande der Descemet'schen Haut und der Sclera durch die Insertion des Spannmuskels der Chorioidea verbunden, und andererseits gehen nach vorn von dieser Faserbündel von dem Gewebe der Iris zur Descemet'schen Haut und durch diese hindurch zur Substantia propria corneae, so dass, wenn man die Iris etwas anzieht, diese Fasern, über welche das Epithel hinübergeht, sich in kleinen Riffen anspannen. Die gestreifte Verbindung, die auf diese Weise entsteht, ist das sogenannte Ligamentum iridis pectinatum. Zwischen diesen Verbindungsstellen, zwischen der Uvea einerseits und der Cornea und Sclera andererseits, ist mehrfach ein Kanal unter dem Namen des Canalis Fontanae beschrieben worden. Der eigentliche Canalis Fontanae, d. h. das, was Fontana an Ochsenaugen als solchen beschrieben hat, existirt im Menschenauge nicht. Im Menschenauge liegen die Befestigung der Iris an der Cornea und die Insertion des Tensor chorioideae unmittelbar nebeneinander. Beim Ochsenauge dagegen besteht eine Verbindung zwischen Iris einerseits und Cornea und Sclera andererseits, und dann kommt erst nach einer Strecke die Insertion des Tensor chorioideae, welche die zweite Verbindung der Uvea und der Sclera darstellt. Zwischen diesen beiden Verbindungen liegt nur lockeres Chorioidealstroma, so dass man, wenn man Quecksilber hineinlaufen lässt, einen ringförmigen Raum erfüllen kann, der nach innen von der Uvea, nach vorn von der Verbindung der Iris mit der Cornea, beziehungsweise Sclerotica, nach hinten von der Verbindung des Tensor chorioideae mit der Sclera und nach aussen von der Sclera begrenzt ist. Dieser Raum war es, welchen Fontana in einem Briefe an den Anatomen Murray als einen von ihm neuentdeckten Kanal beschrieb. Dieser Kanal wurde mit dem Canalis Schlemmii verwechselt, indem man Schlemm, als er seinen Kanal beschrieb, den Vorwurf machte, dass derselbe nichts sei als der längst bekannte Fontana'sche Kanal. Das ist aber unrichtig, denn der Schlemm'sche Kanal ist ein ringförmiger Venenplexus, welcher in der Sclera liegt, während der Fontana'sche Kanal kein Venenplexus ist und auch kein Sinus, und nicht in der Sclera liegt, sondern zwischen der Sclera und der Uvea. Der Canalis Fontanae ist ferner mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt worden. Dieser ist aber erstens vom Canalis Fontanae gänzlich verschieden, und zweitens ist der Circulus venosus Hovii im menschlichen Auge auch nicht vorhanden. Dieser Circulus venosus Hovii, der in der berühmten Dissertation von Hovius de circulari motu in oculis beschrieben wurde, ist nichts Anderes als eine grosse Venenanastomose zwischen den Aesten der Vasa vorticosa, die den hinteren Rand des Tensor chorioideae umfasst, während der wahre Canalis Fontanae nach vorn vom Tensor chorioideae liegt.

Ausser ihrer Verbindung mit der Sclera und Cornea hat die Uvea noch eine Verbindung mit der Zonula Zinnii, die darin besteht, dass die Ciliarfortsätze in den Falten der Zonula Zinnii stecken und mit letzterer

verbunden sind. Da andererseits die Zonula Zinnii sich an die Linsenkapsel ansetzt, so ist hiemit eine indirecte Verbindung zwischen der Linsenkapsel und der Tunica uvea hergestellt. Es ist aber unrichtig, wenn behauptet wird, dass die Ciliarfortsätze selbst bis an die Linse heranreichen. Es ist dies an der Leiche nicht der Fall und auch nicht im Leben. Man kann sich davon überzeugen an Albinos, d. h. an solchen Individuen, bei welchen mit den übrigen sonst mehr oder weniger pigmentirten Geweben die Uvea und ihre Auskleidung nicht pigmentirt und deshalb durchscheinend ist, so dass die Augen durch die Farbe des Blutes roth erscheinen. Bei diesen kann man bei passender Beleuchtung durch die Iris hindurch erstens den Rand der Linse und zweitens auch die Enden der Ciliarfortsätze sehen. Professor Otto Becker hat mir einmal einen solchen Albino vorgestellt, den er selbst bereits untersucht hatte, und bei dem man sich mit Leichtigkeit überzeugen konnte, dass sowohl bei der Accommodation für die Nähe, als auch beim Sehen in die Ferne, kurz unter allen Umständen immer noch ein kleiner Raum zwischen den Enden der Ciliarfortsätze und der Linsenkapsel blieb.

Dagegen ruht die Iris mit ihrem Pupillarrande auf der Linse auf, wie dies in dem bekannten Augendurchschnitte von Arlt dargestellt worden ist, und schleift bei ihren Bewegungen auf der Oberfläche der Linse. Damit hängt die Ruhe und die Regelmässigkeit ihrer Bewegungen zusammen, denn bei Augen, bei welchen die Linse aus ihrer Lage gebracht oder extrahirt ist, sieht man nicht selten die Iris schlottern, kleine wellenförmige Bewegungen an ihrem Pupillarrande ausführen. Mit dem Schleifen des Pupillarrandes auf der Linse hängt es auch zusammen, dass, wenn die Iris sich contrahirt, der Pupillarrand etwas nach vorn geht, und, wenn die Pupille sich erweitert, der Pupillarrand etwas zurückweicht. Es ist dies die natürliche Folge davon, dass die vordere Fläche der Linse convex ist. Man kann sich von diesen Verhältnissen am besten durch ein kleines Instrument überzeugen, welches bereits von Petit angegeben wurde, das aber dann in Vergessenheit kam und in neuerer Zeit von Czermak wieder selbstständig erfunden wurde. Es besteht in einem Kasten mit rechtwinkelig gegen einander gestellten Seitenwänden, die aus planparallelen Gläsern gemacht sind. An diesem Kasten fehlt die obere und die hintere Wand, und die untere, die innere, für die Nasenseite bestimmte, und die äussere, für die Schläfenseite bestimmte sind so ausgeschnitten, dass das Instrument an Wange und Schläfe genau angelegt werden kann. Dieser Kasten wird fest angedrückt und mit Wasser gefüllt, dann kann man von der Seite hineinsehen und sieht nun die vordere Kuppe der Linse und die auf derselben schleifende Iris in ihrer natürlichen Lage. Dass man die Iris und die Linsenkapsel ohne ein solches Instrument nicht in ihrer natürlichen Lage sieht, beruht ja darauf, dass die Cornea eine convexe brechende Oberfläche hat. Da nun aber der Humor aqueus näherungsweise die Dichtigkeit des Wassers hat, und andererseits die Cornea an ihrem Rande nur wenig dicker ist als in der Mitte und daher nahezu wie ein gekrümmtes Planglas wirkt, so sehen wir, wenn wir eine solche Wasserschicht vor die Cornea gelegt haben, in welche wir durch eine plane Oberfläche hinsehen, indem die Brechung der convexen Oberfläche der Cornea aufgehoben ist, die Theile in der Tiefe der vorderen Augenkammer in ihrer wahren Lage. Man kann sich dann überzeugen, dass

die Iris bei mittlerem Stande der Pupille meist ziemlich eine Ebene bildet, dass, wenn die Pupille sich verengert, die Iris einen flachen abgestumpften Kegel nach vorn bildet, und dass, wenn die Pupille sich stark erweitert, der Pupillarrand der Iris sich nach rückwärts begibt, bisweilen in solchem Grade, dass die Fläche der Iris vom Ciliarrande gegen den Pupillarrand hin deutlich nach rückwärts gekrümmt erscheint.

Eine Zeit lang glaubten Viele, dass die ganze hintere Oberfläche der Iris, nicht nur der Pupillarrand derselben, auf der Linse aufliege. Das ist aber nur bei neugeborenen Kindern der Fall. Es ist deshalb nicht wahr, dass auch bei Erwachsenen eine hintere Augenkammer nicht existire. Es existirt eine solche im alten Sinne des Wortes. Es ist nur keine so breite Communication zwischen vorderer und hinterer Augenkammer, als früher angenommen wurde, als man nicht wusste, dass der Rand der Iris auf der Oberfläche der Linse aufruht.

Retina.

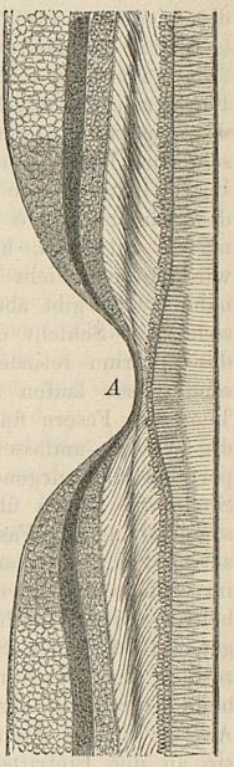
Wir kommen jetzt zur dritten Schicht der Augenhäute, zu der Retina und zur Zonula Zinnii. Die Retina ist als die vordere, peripherische Ausbreitung des N. opticus anzusehen. Man kann sie aber nicht mit der peripherischen Ausbreitung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven vergleichen, sondern man muss sie als einen Theil des Centralnervensystems ansehen, der in ein Sinnesorgan, in das Auge hinein, vorgeschoben ist.

Die Retina wird nach vorn durch die sogenannte Ora serrata begrenzt. Hier hören die nervösen Elemente mit einem gezackten Rande (Ora serrata) auf. Es setzt sich aber noch eine Schicht von Zellen fort, welche zwischen der Pigmentauskleidung der Chorioidea und der Zonula Zinnii liegt. Diese Zellenschicht ist zu verschiedenen Zeiten als Pars ciliaris retinae beschrieben worden. Wir wissen heutzutage, dass diese Partie keine Lichteindrücke mehr empfängt, wir lassen deshalb die Netzhaut mit der Ora serrata endigen.

Die Retina selbst besteht aus folgenden Schichten. Erstens aus der sogenannten Stäbchenzapfenschicht (Figur 25 *a*). Die Stäbchen sind palissadenartige, helle, durchsichtige Gebilde, welche sich nach dem Tode sehr bald verändern, namentlich wenn sie mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten in Berührung kommen, sich krümmen, sich der Quere nach in plattenartige Stücke aufblättern u. s. w. Sie sind mit ihren Enden in das Protoplasma und zwischen das Pigment der sechseckigen Zellen eingesenkt, die das Innere der Chorioidea auskleiden. Diese so eingepflanzten Palissaden sind nach einer Entdeckung von Boll im Leben mehr oder weniger stark roth gefärbt, um so stärker, je weniger sie dem Lichte ausgesetzt waren. Kühne fand, dass man vermöge dieses lichtempfindlichen Roth auf der Netzhaut förmlich photographiren könne. Es gelang ihm auch, mittelst Gallensäuren den rothen Farbstoff als solchen auszuziehen und in Lösung zu bringen. Man hat dieses Roth Sehroth, auch Sehpurpur genannt. Zwischen ihnen stehen andere Gebilde, die man mit dem Namen der Zapfen bezeichnet. Diese Zapfen, Coni, sind namentlich in ihrem unteren Theile dicker als die Stäbchen. Sie bestehen aus einem Innengliede, welches in die nächstfolgende Schicht eingesenkt ist und sich mit Carmin roth färbt, und aus einem äusseren konischen Gliede, welches sich

mit Carmin nicht oder weniger färbt, glashell, durchsichtig und zwischen die Stäbchen eingeschoben ist, so dass das Ganze die Form einer sehr langen, dünnen Flasche erhält. Van Genderen, Stort und Engelmann haben beobachtet, dass die Innenglieder der Zapfen sich auf Lichteinwirkung verkürzen, doch scheint die Lichtempfindung hiermit nicht in unmittelbarer Verbindung zu stehen, denn wenn man gleichzeitig das andere Auge bedeckt und später auch dieses untersucht, so findet man auch in diesem die Innenglieder der Zapfen verkürzt. Dasselbe findet man an Fröschen, die mit Strychnin vergiftet sind. Auch die Zeit stimmt nicht, indem die Verkürzung langsamer eintritt und langsamer wieder verschwindet, als dies von der Lichtempfindung vorausgesetzt werden kann. Es erwächst aber andererseits aus den gemachten Versuchen die sehr merkwürdige Thatsache, dass zu den Zapfen und, wie sich zeigte, auch zum Pigmentepithel reflectorisch, also auch in centrifugaler Richtung, Impulse fortgepflanzt werden. Es wurden die Augen von Fröschen durch Kopfkappen geschützt und dann der Körper gleichzeitig berieselt und belichtet. An den im Dunkeln exstirpirten Augen fanden sich ähnliche Veränderungen vor, als ob sie belichtet worden wären.

Fig. 25.



Die Zapfen sind nicht überall gleichmässig in der Netzhaut vertheilt. Sie sind in grösster Menge an der Stelle der Netzhaut vorhanden, mit welcher wir am deutlichsten sehen, und auf welcher wir deshalb die Gegenstände abzubilden suchen, die wir sehen wollen. Diese Stelle bezeichnen wir mit dem Namen des Centrum retinae. Sie ist im todten Auge gekennzeichnet durch einen gelben Fleck, die Macula lutea oder Macula flava retinae. In dessen Mitte liegt eine kleine Grube, die wir mit dem Namen der Fovea centralis retinae bezeichnen (Figur 25 *A*). An dieser Stelle, die nach Kühne's Untersuchungen nicht immer wie die übrige Macula gelb gefärbt, sondern bisweilen farblos oder doch weniger gefärbt ist, finden sich nur Zapfen, ohne dass Stäbchen zwischen sie eingeschlossen wären. Je weiter man sich aber von ihr entfernt, um so mehr Stäbchen treten auf, und zwar zuerst nur ein einfacher Ring um jeden Zapfen, später in grösserer Menge.

Die zweite Schicht ist die sogenannte äussere Körnerschicht (Figur 25 *r*), die aus kernartigen Gebilden besteht, welche mit feinen Fäden zusammenhängen, die sich an das System von Fäden anschliessen, das in senkrechter Richtung, das heisst senkrecht auf der Oberfläche des Glaskörpers, die Retina durchzieht. Dann kommt eine Schicht, an der sich keine bestimmte Structur erkennen lässt, die im frischen Zustande durchsichtig ist, in der

---

Figur 25 stellt einen Durchschnitt durch das Centrum retinae nach Max Schultze dar.

man nur feine radiäre Fäden durchgehen sieht, und die an in Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Augen fein gekörnt erscheint. Diese Schicht heisst deshalb die molekuläre Schicht (Figur 25 *p*). Sie verdickt sich gegen den gelben Fleck bedeutend, und die Fasern, die sonst die Schichten der Retina senkrecht oder nahezu senkrecht durchsetzen, richten sich hier in der Weise schief, dass, wenn man ihren Verlauf von aussen nach innen verfolgt, sie sich immer mehr vom Centrum retinae entfernen (siehe Figur 25). Unter dem Boden der Fovea centralis verdünnt sich diese Schicht wie alle folgenden auf ein Minimum. Ihr folgt eine Lage, die wiederum aus kernartigen Gebilden besteht, die innere Körnerschicht (Figur 25 *q*), dann wieder eine ähnliche molekuläre, eine Zwischenschicht (Figur 25 *c*), und hierauf eine Lage von Ganglienzellen (Figur 25 *d*) mit Fortsätzen, die mit Nervenfasern in Verbindung stehen. Dann folgt endlich die Ausbreitung dieser letzteren (Figur 25 *s*). Sie hat eine sehr verschiedene Dicke je nach dem Orte der Retina, welchen man durchschneidet. Begreiflicher Weise ist sie am dicksten unmittelbar an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Je mehr sich die Bündel von der Eintrittsstelle des Sehnerven entfernen, um so mehr Fasern finden ihre Endigung, und daher wird diese Schicht um so dünner, je mehr man sich der Ora serrata nähert. Es gibt aber noch eine andere Stelle der Netzhaut, an welcher sich diese Schicht der Retina auf ein Minimum verdünnt, und diese ist das Centrum retinae. Durch dieses geht keine einzige Sehnervenfaser, sondern sie laufen theils direct, theils im Bogen zu derselben hin. Ein Theil der Fasern findet hier in der Fovea centralis seine Endigung, und die anderen umfassen bogenförmig das Centrum retinae, um in den mehr peripherisch gelegenen Theilen ihre Endigung zu suchen. Da an dieser Stelle die Retina überhaupt verdünnt ist und namentlich hier keine zusammenhängende Faserschicht existirt, so ist sie an dieser Stelle besonders zerreisslich, und man findet die Netzhaut deshalb an Leichen nicht selten im Grunde der Fovea centralis retinae mit einem kleinen Loche durchbohrt. Diese Durchbohrung, die am Lebenden nicht existirt, ist das sogenannte Foramen Sömmeringii. Die Sehnervenfasern für das Centrum retinae und dessen nächste Umgebung, Grube und gelben Fleck, scheinen beim Durchtritt des Sehnerven durch das Foramen opticum in dessen Axe zu liegen, dann aber schräg und schläfenwärts zu verlaufen, so dass sie an der Eintrittsstelle des Sehnerven in den Bulbus ein keilförmiges Bündel an der Schläfenseite des ersteren bilden.

Die Retina ist im lebenden Zustande durchsichtig. Man kann sich davon überzeugen, wenn man irgend einem Thiere die Augenlider öffnet und ihm dann den Kopf unter Wasser taucht, so dass man, ähnlich wie mit dem Petit'schen Kästchen, in das Auge des Thieres hineinsehen kann. Man kann sich aber auch am lebenden Menschen durch den Augenspiegel davon überzeugen. Nach dem Tode wird die Retina trübe. Dass die Retina durchsichtig sei, erfordert natürlich, dass die Sehnervenfasern ihr Mark verlieren, wenn sie einmal in die Retina eingetreten sind und sich in derselben verbreiten. Das ist auch beim Menschen normaler Weise der Fall. Bei manchen Thieren aber, z. B. beim Kaninchen und Hasen, existiren zwei Faserbüschel, die nach entgegengesetzter Richtung ausstrahlen und aus markhaltigen und deshalb weissen Fasern bestehen. Beim Menschen kommt dies als Anomalie vor, und bei solchen Menschen hat

deshalb der blinde Fleck, von dem wir später sprechen werden, eine grössere Ausdehnung und eine andere Gestalt als im normalen Auge.

Die grossen Blutgefässe der Retina verlaufen auf der Innenfläche derselben als Arteria und Vena centralis retinae mit ihren Aesten. Die Hauptmasse des Gefässnetzes liegt auf der inneren Oberfläche der Sehnervenfaserschicht: wo dieselbe noch dick ist, gehen auch kleinere Aestchen und Capillaren in die Tiefe hinein, so dass sie die Sehnervenbündel umspinnen. Einzelne Capillaren dringen bis in die innere Körnerschicht, ja bisweilen selbst bis in die Zwischenkörnerschicht vor.

Die Retina ist nach innen von einer glashellen Haut, der Membrana limitans Pacini (Figur 25 *l*) begrenzt. Mit dieser steht ein grosser Theil der die Retina senkrecht durchsetzenden Fasern in Verbindung, die gegen dieselbe hin spitzbogenförmige Arkaden bilden, in deren Lichtungen die Bündel der Sehnervenfasern eingebettet sind. Man hat diese Membrana limitans Pacini auch als Membrana limitans interna unterschieden, indem Max Schultze an der äusseren Grenze der Körnerschicht, zwischen ihr und der Stäbchenzapfenschicht, auch eine festere Grenzschicht unterschieden hat, welche er als Membrana limitans externa bezeichnete. Es muss aber bemerkt werden, dass diese letztere Membran kein so selbstständiges und für sich abziehbares Gebilde darstellt wie die Membrana limitans interna; man hat sie sich vielmehr als ein Gitterwerk zu denken, das sich an erhärteten Netzhäuten durch seine Consistenz unterscheidet, und durch dessen Maschenräume die einzelnen Elemente durchgesteckt sind.

Nachdem wir die histologischen Elemente der Netzhaut kennen gelernt haben, kommen wir zu der wichtigen Frage, welche Elemente es sind, die dem Lichte als erster Angriffspunkt dienen. Es ist schon von vornherein klar, dass dies nicht die Nervenfasern in ihrem Verlaufe sein können, da alles deutliche Sehen darauf beruht, dass auf der Netzhaut Localzeichen erzeugt werden, welche einzeln und gesondert zum Gehirne gebracht werden. Wenn aber dergleichen Localzeichen im Verlaufe einer Faser erzeugt werden könnten, so würden gleichzeitig verschiedene auf ein und dieselbe Faser fallen können, und es würde dadurch eine Verwirrung der Eindrücke entstehen. Das Princip, nach welchem diese Eindrücke empfangen werden, muss das sein, dass sie zunächst auf mosaikartig angeordnete Gebilde übertragen werden, die einzeln entweder direct oder indirect mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Ein Versuch von Heinrich Müller, den wir später beschreiben werden, hat überdies gezeigt, dass der Angriffspunkt für das Licht gar nicht auf der vorderen Seite der Netzhaut liegen kann, sondern dass er an der andern Seite, nahe der Chorioidea liegen muss. Er hat gezeigt, dass er in der Stäbchenzapfenschicht liegen muss. Fragen wir da nun wieder, ob es die Stäbchen oder die Zapfen sind, welche wir mit Wahrscheinlichkeit als diejenigen bezeichnen können, die zunächst erregt werden, so müssen wir sagen, dass es wahrscheinlicher ist, dass wir die Zapfen dafür in Anspruch zu nehmen haben. In der Fovea centralis retinae sehen wir am deutlichsten, hier haben wir das feinste Unterscheidungsvermögen, also auf einem gegebenen Raume die grösste Summe von Localzeichen; hier aber befinden sich gar keine Stäbchen, sondern nur Zapfen. Je weiter wir zu den Seitentheilen der Netzhaut fortschreiten, je mehr wir ins indirecte Sehen hineinkommen, um so mehr Stäbchen finden wir zwischen die Zapfen eingelagert, und

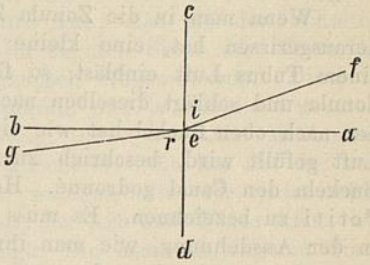
um so geringer wird auch unser Unterscheidungsvermögen. Man hat deshalb auch eifrig nach dem nervösen Zusammenhange zwischen den Zapfen und den Sehnervenfasern geforscht, ist aber über die Art desselben noch nicht völlig einig. Die erste Verbindung eines Zapfens mit einer Nervenzelle beschrieb schon im Jahre 1853 von Vintschgau, während man andererseits wusste, dass die Nervenzellen (Ganglienkugeln) Fortsätze aussenden, die mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Wenn aber nicht die einzelnen Opticusfasern noch aus Fibrillen zusammengesetzt sind, so kann nach den von Fr. Salzer im hiesigen Laboratorium vorgenommenen Zählungen nicht jeder Zapfen seine eigene Faser bekommen, denn darnach mögen die Zapfen die Opticusfasern an Zahl um das Sechs- bis Achtfache übertreffen. Da die Sehschärfe der Seitentheile der Netzhaut sehr weit hinter der des Centrum retinae zurücksteht, so ist es möglich, ja wahrscheinlich, dass jeder Zapfen der Fovea centralis seine eigene Leitung hat, die Nervenfasern aber, welche auf den mehr peripherisch gelegenen Regionen endigen, sich verzweigen und gleichzeitig mehrere Zapfen versorgen. E. v. Fleischl hat es ferner durch physiologische Gründe wahrscheinlich gemacht, dass dann hier die Aeste jeder einzelnen Faser nicht an eine geschlossene Gruppe von Zapfen gehen, sondern sich über ein grösseres Gebiet verbreiten, in dem auch Zapfen stehen, welche von anderen Fasern versorgt werden. Ob die Stäbchen bei der Lichtperception direct betheiligt sind oder nicht, wissen wir bis jetzt nicht. Es spricht dafür bis jetzt kein einziger haltbarer Grund. Wir wissen auch nicht, ob sie überhaupt mit Opticusfasern in Verbindung stehen. Aber das können wir sagen, dass auf alle Fälle ihre palissadenartige Gestalt und ihre mosaikartige Anordnung für das Sehen von Bedeutung ist. Es geht dies aus folgender Betrachtung hervor.

Das deutliche Sehen kommt dadurch zu Stande, dass ein Lichtkegel von einer bestimmten Farbe ein einzelnes Nervenelement erregt. Nun ist die Retina durchsichtig, er geht also durch das Nervenelement hindurch, gelangt zur Chorioidea und wird hier beim Menschen zum grossen Theile durch das Chorioidealpigment absorbirt. Alles Licht wird aber hier nicht absorbirt, wie dies heutzutage aus den Augenspiegelbeobachtungen hinreichend bekannt ist, wo wir ja die Dinge im Auge nur vermöge des Lichtes sehen, das aus demselben zurückkommt. Noch viel mehr Licht wird aber bei manchen Thieren reflectirt, z. B. bei den Katzen, Hunden, Schafen, Rindern u. s. w. Bei diesen liegt auf der pigmentirten Chorioidea zwischen dem Stroma derselben und dem Capillargefässnetz eine eigene Schicht, das sogenannte Tapetum oder die Membrana versicolor Fieldingii. Diese besteht bei den Carnivoren aus Zellen, bei Herbivoren aber und bei allen denjenigen Beutelthieren, welche ein Tapetum haben, aus Fasern. Bei allen diesen Thieren hat sie aber das gemein, dass sie Interferenzfarben gibt und eine grosse Menge von Licht reflectirt. Wenn man die Fasern des Tapetum des Rindes bei schwacher Vergrösserung unter das Mikroskop legt, so sieht man sie darunter im auffallenden Lichte in schönen Farben, und wenn man das auffallende Licht abblendet und durchfallendes Licht macht, so sieht man in diesem die complementären Farben, zum Beweise, dass man es hier mit Interferenzfarben, mit sogenannten Newton'schen Farben zu thun habe. Dieses Tapetum reflectirt also eine grosse Menge von Licht, und wenn dieses Licht unregelmässig zerstreut auf die Netzhaut zurück-

kommen würde, so würde dadurch eine Verwirrung in den Eindrücken entstehen. Nun bilden aber die Stäbchen mit den zwischen ihnen liegenden Aussengliedern der Zapfen einen Apparat, vermöge dessen das Licht auf seinem Rückwege grösstentheils wieder durch das Nervenelement hindurchgehen muss, durch welches es eingefallen ist. Das beruht auf der totalen Reflexion.

Denke ich mir (Figur 26) eine Trennungsfläche *a b* zwischen zwei Medien und errichte ich mir darauf eine Senkrechte *c d* und denke mir, ich hätte einen einfallenden Strahl *f e*, so ist *i* der Einfallswinkel. Wenn ich annehme, dass das zweite Medium dünner ist als das erste, so müssen die Strahlen vom Einfallslothe abgebrochen werden. Der Brechungswinkel *r* ist also grösser als der Einfallswinkel *i*. Nach der Fundamentalgleichung der Dioptrik ist $\frac{\sin i}{\sin r} = c$, wobei *c* eine Constante vorstellt, welche man erhält, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten Medium dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium. Da diese Constante in unserem Falle kleiner als 1 ist, so muss beim Wachsen von *i* der *sin r* schon gleich 1 werden, wenn *sin i* noch kleiner als 1 ist. Wächst dann *i* noch weiter, so erhalten wir durch unsere Gleichung für *sin r* einen Werth, der grösser ist als 1. Nun gibt es aber keinen Sinus, der grösser ist als 1, und unser Resultat hat keinen anderen Sinn als den, dass hier kein gebrochener Strahl mehr existirt, sondern dass alle Strahlen reflectirt werden.

Fig. 26.



Nimmt man ein leeres Reagirglas und taucht es ins Wasser, so erhält es einen metallischen Glanz. Das beruht darauf, dass eine sehr grosse Menge Lichtes wegen der schiefen Incidenz an der inneren Oberfläche, wo es in die Luft übergehen sollte, reflectirt wird, eine Menge, die ähnlich gross ist wie die, welche ein metallischer Körper reflectirt. Die stabförmigen Körper nun sind stark lichtbrechend und sind von einander getrennt durch eine schwächer brechende Zwischensubstanz. Diese trifft alles Licht, welches einmal in einen solchen Stab eingetreten ist, unter sehr schiefer Incidenz, es wird deshalb total reflectirt, es ist gewissermassen eingesperrt und muss, abgesehen von dem, was etwa nach dem Austritte am äussersten Ende zerstreut wird, auf demselben Wege zurück, auf dem es gekommen ist. Die Hauptmasse des zurückkommenden Lichtes geht also durch dasselbe Netzhautelement, das es schon auf dem Hinwege getroffen hat. Hieraus erklärt es sich, dass die Thiere mit einem Tapetum nicht nur nicht schlechter sehen als wir, sondern dass sie in der Dämmerung sogar viel besser sehen als wir. Beim Menschen kommt das Licht, das durch die Netzhaut hindurchgeht, grösstentheils nur einmal zur Wirkung. Bei diesen Thieren aber kommt eine viel grössere Menge Lichtes zurück. Dieses Licht, das zurückkehrt, verbrauchen sie ein zweites Mal, es muss also dieselbe Lichtmenge eine stärkere Erregung in ihrer Netzhaut hervorrufen, als dies bei Thieren der Fall ist, die kein Tapetum haben. Möglicherweise ist auch bei den Zapfen blos das Innenglied der eigentliche Angriffspunkt für das Licht, und das Aussenglied des Zapfens, das

zwischen den Stäbchen steckt, ist vielleicht nur ein Theil des katoptrischen Apparates des Auges, der dazu dient, durch totale Reflexion die Strahlen wieder auf dasselbe Element zurückzubringen, durch welches sie eingefallen sind.

Zonula Zinnii.

Die Zonula Zinnii entsteht an der Ora serrata retinae, geht unter Aufnahme von Verstärkungsfasern, welche theils von den Ciliarfortsätzen, theils aus den Tiefen zwischen denselben entspringen, nach vorwärts, faltet sich wie eine Halskrause und setzt sich mit auf- und absteigenden Falten an die Linse an, und zwar, wenigstens grösstentheils, an den vorderen Theil der Linse, indem die absteigenden Falten den grössten Kreis derselben wenig oder gar nicht überschreiten. In diese Falten sind, wie wir gesehen haben, die Ciliarfortsätze hineingesteckt, und da diese Falten sich andererseits wieder an der Linse befestigen, so ist dadurch eine Verbindung zwischen dem Ciliartheile der Chorioidea und der Linse gegeben.

Wenn man in die Zonula Zinnii, nachdem man die Ciliarfortsätze herausgerissen hat, eine kleine Oeffnung macht und von oben her mit einem Tubus Luft einbläst, so fängt sich die Luft unter den Falten der Zonula und schlägt dieselben nach aufwärts. Dadurch entsteht ein Kanal, der nach oben Buckel hat wie eine Halskrause. Diesen Raum, der so mit Luft gefüllt wird, beschrieb zuerst Petit und nannte ihn nach seinen Buckeln den Canal godronné. Heutzutage pflegt man ihn als den Canalis Petiti zu bezeichnen. Es muss aber bemerkt werden, dass dieser Raum in der Ausdehnung, wie man ihn hier darstellt, nicht im lebenden Auge vorhanden ist, sondern dass es erst möglich ist, ihm durch Lufteinblasen diese räumliche Ausdehnung zu geben, nachdem man die Ciliarfortsätze aus den Falten der Zonula herausgerissen hat. So lange diese darin stecken, existirt nur ein capillarer Raum zwischen den absteigenden Falten der Zonula und dem darunter liegenden Glaskörper.

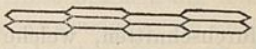
Früher hat man die Zonula für eine continuirliche Membran gehalten, welche in der beschriebenen Weise in Falten gelegt sei. Aber schon im Frühjahr 1870 sind mir von Professor Vlacovitsch in Padua Präparate zugeschickt worden, an welchen man sehen konnte, dass Oeffnungen in der Zonula waren, und dass dieselbe aus Fasern bestand, welche zur Linse hingingen und sich, indem das Auge in Terpentinöl gehärtet worden war, in einzelne Stränge zusammengezogen hatten. Zu demselben Resultate ist auch Schwalbe gekommen, indem er fand, dass lösliches Berlinerblau, das er in die vordere Augenkammer einspritzte, in den Canalis Petiti eindrang. Nun fragt es sich: Wie ist es den möglich, dass man doch die Zonula Zinnii als Ganzes aufblasen und dadurch den Canalis Petiti in der alten Weise darstellen kann, wenn sie kein Continuum ist, sondern aus einer Menge von radiären Fasern besteht? Man kann sich dies nur daraus erklären, dass die sehr feinen, radiären Fasern durch die anhaftende Flüssigkeit aneinander kleben und deshalb, so lange sie nass sind, ein Continuum bilden, wenn aber das Auge in Terpentinöl gehärtet ist, ihre Continuität verlieren und sich in einzelne Bündel strangförmig zusammenlegen. In neuerer Zeit ist Chr. Aeby wieder für den membranösen Charakter der Zonula eingetreten. Er hält die erwähnten

Spalten für künstlich. Die Zonulafasern als solche sind in gehärtetem und gefärbtem Zustande leicht und sicher zu beobachten. Ihre Bündel sind platt, d. h. relativ zu ihrer Dicke verhältnissmässig breit, und verlaufen, soweit sie analoge Ursprünge und analoge Anheftungen haben, parallel neben einander. Doch sollen sie nach Wilh. Czermak auch verzweigt und unter einander netzförmig verbunden sein. Ein Theil derselben entspringt nach Berger und nach Czermak von den Firsten der Ciliarfortsätze. Zweifelhaft kann es nur sein, ob die nebeneinander liegenden Fasern im Leben noch durch eine, jedenfalls sehr dünne Membran miteinander verbunden sind oder nicht. Bei der complicirten Anordnung der Fasern, wie man sie jetzt kennt, könnte sich diese Verbindung schwerlich auf die Gesammtheit derselben erstrecken. Die Zonula führt uns zur Linse.

Die Linse.

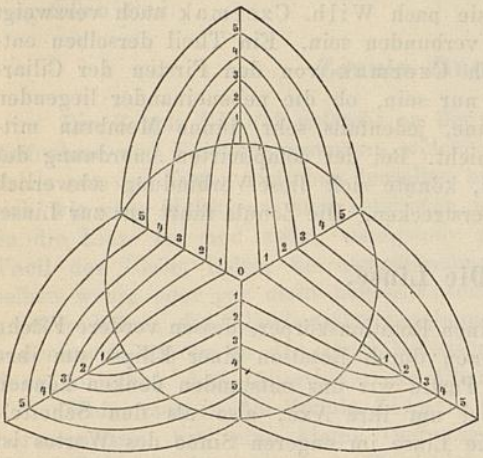
Wir finden dieselbe als einen Rotationskörper, dessen vordere Fläche wir uns entstanden denken können durch Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe, und deren hintere Partie wir uns entstanden denken können durch Umdrehung einer Parabel um ihre Axe, also als den Scheitelabschnitt eines Paraboloids. Die Linse im engeren Sinne des Wortes ist von einer häutigen Kapsel, der Linsenkapsel, eingeschlossen. Diese ist eine Glashaut, wie die Descemet'sche Membran, und ist wie diese structurlos. Die Dicke ihrer vorderen Hälfte beträgt 0,008 bis 0,019 Millimeter, die der hinteren nur 0,005 bis 0,012 Millimeter. Sie hat auf der vorderen Hälfte nach innen zu ein Epithel, welches, wie wir später sehen werden, in innigem Zusammenhange mit der Art und Weise steht, wie sich die eigentliche Linsensubstanz erzeugt. Die Linse im engeren Sinne des Wortes besteht aus sechskantigen Fasern, die so aufeinander gelagert sind, dass der kleine Durchmesser des sechseckigen Durchschnittes immer radial, also senkrecht auf die Schicht gestellt ist, während der grösste Durchmesser des Sechsecks immer in tangentialer Ebene liegt. Die einzelnen Sechsecke sind dabei so aneinandergelagert, dass sie alternirend, wie Bausteine, liegen. (Siehe Figur 27.) Aus solchen Fasern ist nun die ganze Linse gewissermassen aufgewickelt. Die Art, wie dies geschieht, ist eine ziemlich complicirte. Man kann sich aber darin leicht eine Einsicht verschaffen, wenn man sich einen Kreis vorstellt, in dem vom Mittelpunkte aus drei Strahlen so ausgehen, dass sie miteinander Winkel von 120° einschliessen. Der Punkt, von dem die Strahlen ausgehen, soll dem vorderen Pole der Linse entsprechen, wir bezeichnen ihn mit 0, und von da aus schreiben wir auf jeden Strahl in gleichen Abständen von einander und vom Nullpunkte die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 auf. (Siehe Figur 28.) Nun denkt man sich an der Rückseite der Linse einen Punkt, der dem hinteren Pole der Linse entspricht, von dem aus ebensolche drei Strahlen ausgehen wie vom vorderen Pole, die aber mit den Strahlen an der vorderen Fläche in der Art alterniren, dass die Durchschnittspunkte des grössten Linsenkreises mit den Strahlen an der vorderen Fläche von den Durchschnittspunkten eben dieses Kreises mit den Strahlen an der hinteren Fläche immer um eine Bogenweite von 60° abstehen. Auf die Strahlen der

Fig. 27.



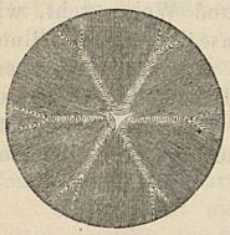
hinteren Fläche schreibt man nun ebenfalls die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, aber so, dass 1 am Rande und 5 am Pole der Linse steht, und dann verbindet man durch gedachte Faserzüge jede Zahl der vorderen Fläche mit der ihr zunächstliegenden gleichnamigen der hinteren Fläche. Dann erhält man die beistehende Figur, die in ihrem Kreisfelde die geometrische Projection der Faserung der vorderen Fläche gibt, und deren drei Lappen nach rückwärts zusammengeklappt die Faserung der hinteren Fläche geben würden. So ist der Kern der menschlichen Linse angelegt, so die ganze Linse vieler Säugethiere. Beim Menschen wird der Bau der oberen Schichten complicirter, indem diese drei Axen sich zweimal verzweigen, so dass in der Regel 12 Endäste vorhanden sind, wie es Figur 29 zeigt.

Fig. 28.



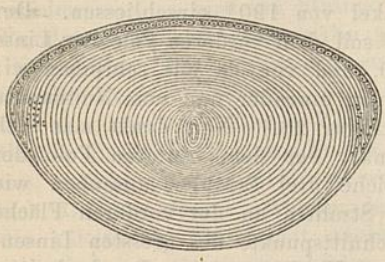
Am einfachsten sind die Linsen der Nagethiere: hier sind die drei Axen auf zwei reducirt, die zusammen eine gerade Linie bilden.

Fig. 29.



Denkt man sich die Linse durchschnitten, so bemerkt man, dass die Schichten sich, je mehr man nach innen kommt, der Kugelgestalt nähern. Endlich gehen sie sogar über in die Gestalt eines Rotationsellipsoids, welches entstanden ist durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe, und diese liegt nun in der Axe der Linse. In beistehender Figur 30 ist dies dargestellt nach den Linsendurchschnitten, welche O. Becker in seinem Werke über die Anatomie der gesunden und kranken Linse abgebildet hat. Man bemerkt daran erstens, dass die vorderen und hinteren Oberflächen immer convexer werden, und zweitens, dass der Kern der Linse nicht in einer Ebene liegt, die man sich durch den grössten Kreis der Linse gelegt denkt, sondern hinter dieser Ebene, so dass die Oberfläche, welche man sich durch sämmtliche grösste Kreise der Linsenschichten gelegt denkt, nach hinten convex, nach vorn concav ist. Zugleich nimmt der Brechungsindex von aussen nach innen immer mehr zu. Die Substanz der Linse ist eben im Kerne am dichtesten, an der Oberfläche am wenigsten dicht. Daraus folgt, dass das

Fig. 30.



Licht beim Eintritte in jede neue Schicht von Neuem gebrochen wird, so dass es also, da diese Schichten ausserordentlich dünn sind, nicht geradlinig hindurchgeht, wie durch eine Glaslinse, sondern einen krummlinigen Weg durch die Linse macht. Daher rührt es, dass die Linse eine viel kürzere Brennweite hat, als man ihr nach der Gestalt ihrer Oberflächen und nach ihrer mittleren Dichtigkeit zuschreiben sollte. Ja, sie hat sogar eine kürzere Brennweite, als sie haben würde, wenn sie homogen gebaut wäre und in ihrer ganzen Substanz den hohen Brechungsindex des Kernes hätte. Daher rührt es auch, dass die älteren Physiker, die sich mit der Berechnung der Brennweite des Auges beschäftigen, niemals zu einem brauchbaren Resultate gelangten, da sie immer herausbrachten, dass die Strahlen sich erst hinter der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen könnten, während doch die Beurtheilung des Sehprocesses dazu führte, dass die Strahlen sich in der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen müssen. Hiermit sind aber die elementaren Betrachtungen über die optische Wirkung der Linse nicht erschöpft. S. Exner fand an Durchschnitten von Insectenaugen, dass planparallele Durchschnitte der sogenannten Krystallconi Bilder gaben. Er leitete dies davon her, dass der Brechungsindex ihrer Substanz von der Oberfläche gegen die Axe hin zunehme. Er goss nun Leimcylinder und konnte denselben die Wirkung von Sammellinsen geben, wenn er ihre Oberfläche im Wasser anquellen liess, dagegen nahmen sie die Eigenschaft von Zerstreuungslinsen an, wenn der Manteltheil durch Verdunstung von Wasser stärker brechbar wurde. Später hat das optische Institut in Jena für ihn gekühlte Glascylinder angefertigt, welche Linsenwirkung zeigten. Der Grund der Erscheinung ist leicht zu übersehen. Denken Sie sich ein Bündel paralleler Strahlen falle parallel der Axe auf die Basis eines homogenen Cylinders, so wird es auf der gegenüberstehenden parallelen Endfläche senkrecht wieder austreten, die Wellenoberfläche wird also nach wie vor eine Ebene sein. Denken Sie sich aber, der Brechungsindex nehme vom Mantel gegen die Axe zu, so werden die Strahlen um so langsamer fortgepflanzt, je näher sie der Axe liegen; die Wellenoberfläche wird also concav, und die Strahlen treten nicht parallel, sondern convergirend aus. Das Gegentheil erfolgt, wenn der Brechungsindex vom Mantel gegen die Axe hin abnimmt. Diese Betrachtung findet auch auf die einzelnen Linsenschichten überall da Anwendung, wo sie in einiger Länge von Strahlen durchsetzt werden, und hierbei sind auch die Kernschichten nicht zu vernachlässigen, welche Rotationsellipsoide um eine mit der Axe der Linse zusammenfallende grosse Axe darstellen.

Der Glaskörper.

Der frische Glaskörper hat eine gallertartige Consistenz. Wenn man ihn aber zerschneidet und auf ein Filter legt, so tropft nach und nach alle Flüssigkeit ab, so dass nur ein ganz geringer Rest von fester Substanz übrig bleibt. Es fragt sich nun, da der Glaskörper offenbar ein Aggregat aus festen und flüssigen Theilen ist, wie die festen Theile darin angeordnet sind. Wenn man Augen sehr lange in Chromsäure liegen lässt, so werden im Glaskörper membranöse Schichten sichtbar. Bei den Haussäugethieren hat Hannover diese Schichten concentrisch gefunden, so dass sie sich nach Art der Schalen einer Zwiebel übereinanderlegen. Beim

Menschen dagegen fand er membranöse Schichten, die radial gegen eine Linie gestellt waren, die man sich von vorn nach hinten im Glaskörper gezogen denkt. Die Membranen waren also hier in ähnlicher Weise wie die Septa in einer Orange gestellt. Es ist nun erstens nicht wahrscheinlich, dass ein so fundamentaler Unterschied zwischen den Säugethieren und den Menschen vorhanden sein sollte, dass bei den einen nur zwiebelschalenförmige, bei den anderen dagegen nur radial gestellte Septa vorhanden wären. Zweitens müsste, wenn nur eine Art von Häuten vorhanden wäre, beim Durchschneiden des Glaskörpers die ganze Flüssigkeit desselben sofort ausfliessen. Das ist aber nicht der Fall. Wenn man den Glaskörper in Stücke zerschneidet und diese einzeln hinlegt, so sieht man sehr langsam und allmälig die Flüssigkeit aus denselben aussickern, bis sie endlich nach längerer Zeit und ganz allmälig zusammensinken. Man wird hiedurch zu dem Schlusse geführt, dass beide Arten von Membranen, sowohl die tangential, als die radial gestellten, im Auge der Säugethiere und des Menschen vorhanden seien, dass aber bei den ersteren die concentrischen, bei den letzteren die radial gestellten stärker entwickelt und daher leichter sichtbar zu machen sind. In neuerer Zeit hat man den Glaskörper mit dem Schleimgewebe verglichen, oder vielmehr man hat ihn unter dasselbe eingereiht. Das Prototyp des von Virchow aufgestellten Schleimgewebes ist die Wharton'sche Sulze im Nabelstrang, mit deren Bau der des Glaskörpers keine Aehnlichkeit hat.

Die äusserste der Häute des Glaskörpers unterscheidet man mit dem Namen der Tunica hyaloidea. Sie liegt in ganzer Ausdehnung der Membrana limitans Pacini an und verbindet sich an der Ora serrata retinae mit dem vordersten Theile derselben. Hier ist sie auch mit der Zonula verbunden, von der sie sich dann wieder trennt, indem sie die hintere Wand des Petit'schen Kanales bildet und sich dann mit der Rückwand der Linsenkapsel verbindet und die tellerförmige Grube auskleidet. Man kann die Sache so auffassen, dass aus dieser Verbindung der Hyaloidea mit der Membrana limitans Pacini die Zonula hervorgehe, die anfangs glatt ist und sich später in Falten legt; einen besonderen Werth kann man aber dieser Auffassung kaum zuschreiben, da die Zonula sich durch ihren faserigen Bau sowohl von der M. limitans Pacini, als auch von der Hyaloidea wesentlich unterscheidet.

Die Bindehaut.

Nach vorn wird der Bulbus von der Tunica conjunctiva bedeckt, welche wir in die Conjunctiva palpebrarum und in die Conjunctiva bulbi eintheilen. Man hat auch ein Bindehautblättchen der Cornea unterschieden, das heisst man hat sich vorgestellt, dass sich die Conjunctiva über die Hornhaut fortsetze. Wenn sich die Conjunctiva auf die Hornhaut fortsetzt, so müssen, da sie eine zusammengesetzte Membran ist, offenbar auch ihre einzelnen Theile sich auf die Hornhaut fortsetzen. Die Conjunctiva besteht aus einem bindegewebigen Stroma, aus einem bedeckenden, geschichteten Epithel, Pflasterepithel auf der Conjunctiva bulbi, Cylinderepithel auf der Conjunctiva palpebrarum und im Fornix conjunctiva, welch' letzteres indessen, wie dies auch an anderen Orten geschieht, in Pflasterepithel umgewandelt sein kann; ferner aus Gefässen und aus Nerven.

Das geschichtete Pflasterepithel geht am Rande der Cornea in das Epithel der Hornhaut über, und wenn man Gefallen daran findet, so kann man letzteres als eine Fortsetzung des Epithels der Conjunctiva betrachten. Das bindegewebige Stroma der Conjunctiva geht nicht über die Hornhaut fort, sondern endet am Rande der durchsichtigen Hornhaut, und wenn dasselbe durch aus den Blutgefässen ausgetretene Flüssigkeit geschwellt wird, bildet es einen wallartigen Rand um die durchsichtige Cornea herum. Die Blutgefässe der Conjunctiva gehen aber auch nicht über die Cornea hinüber. Wir haben allerdings gesehen, dass die Blutgefässe der Hornhaut aus denen der Conjunctiva stammen, dass sie sich aber nicht über die ganze Cornea verbreiten, sondern den Rand derselben nur um ein Geringes überschreiten. Endlich setzen sich die Nerven der Conjunctiva nicht auf die Hornhaut fort. Wir haben gesehen, dass die Nerven der Hornhaut gar nicht aus der Conjunctiva stammen, sondern dass sie von den Ciliarnerven aus der Tiefe kommen. Das Resultat von diesem Allen ist, dass sich die Conjunctiva nicht über die Cornea fortsetzt, dass es kein Bindehautblättchen der Cornea und also auch keine Entzündung desselben gibt, wie sie die älteren Augenärzte annahmen.

Die Conjunctiva reiht sich in ihren Eigenschaften den Schleimhäuten an, und sie hat auch, wie andere Schleimhäute, Schleimdrüsen, die ihr Secret auf ihre Oberfläche ergiessen. Diese Schleimdrüsen sind die Krause-schen Drüsen. Sie wurden von dem älteren Krause zuerst beschrieben, liegen im Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae und durchbohren die Conjunctiva selbst mit ihren Ausführungsgängen. Wenn man die Conjunctiva in der gewöhnlichen Weise präparirt, so dass man das hinter ihr liegende Bindegewebe wegnimmt, dann sucht man nach diesen Drüsen vergebens, weil man die Körper derselben mit abgetrennt hat. Man muss das ganze Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae herausnehmen, um die Körper, nicht blos die durchbohrenden Ausführungsgänge dieser Drüsen zu erhalten. Kleinere, einfache und wenig tiefe tubulöse Drüsen, vielleicht sind es auch Schleimdrüsen, finden sich in der Conjunctiva palpebrarum.

Die vordere Fläche des Augapfels ist also von dreierlei Secreten befeuchtet: erstens vom Secrete der Thränendrüsen, zweitens von dem der Meibom'schen Drüsen, drittens vom Secrete der Krause'schen Drüsen. Das Secret der Thränendrüsen wird normaler Weise in geringer Menge abgesondert. Wenn aber die Nerven der Conjunctiva gereizt werden, tritt in Folge reflectorischer Erregung Secretion ein. Die Nerven der Thränendrüsen können reflectorisch erregt werden erstens von der Conjunctiva und zweitens von der Nasenschleimhaut aus. Ausserdem können sie aber auch central erregt werden durch Gemüthsaffecte, wo dann reichlicher und andauernder Thränenfluss zu Stande kommen kann. Bei solchem zeigt es sich, dass die Thränen, wo sie für sich allein und nicht gemengt mit den beiden anderen Secreten auf die Conjunctiva einwirken, dieselbe reizen, indem sich Blutinjection und ein der Entzündung ähnlicher Zustand auf der Conjunctiva einstellt. Das Secret der Meibom'schen Drüsen ist eine Emulsion. Das Secret der Krause'schen Drüsen kennen wir nicht näher, es ist aber wahrscheinlich von dem der übrigen Schleimdrüsen nicht wesentlich verschieden.

Das Gemenge dieser drei Secrete wird durch den Thränenleitungsapparat aus dem Auge abgeleitet. Es gelangt zunächst durch die Thränen-

punkte in die Thränenröhrchen, von diesen in den Thränensack, von diesem in den Thränenkanal und von da in die Nasen- und Rachenhöhle. Die Triebkraft für die Fortschaffung dieser Secrete wird auf zweierlei Weise aufgebracht. Erstens durch den Lidschlag, indem, wenn sich der Orbicularis palpebrarum zusammenzieht, ein Druck auf die Flüssigkeiten, die sich im Conjunctivalsacke befinden, ausgeübt wird. Die Lidspalte wird geschlossen, und durch den Zug und Druck, welchen der am Ligamentum canthi interni befestigte Orbicularis palpebrarum an den Augenlidern ausübt, wird die Flüssigkeit gegen die Thränenpunkte hin und in die Thränenpunkte hineingetrieben. Das zweite mechanische Moment für die Ableitung der Thränen ist, abgesehen von der Schwere, durch welche sie nach unten abfliessen, die Inspiration. Wenn man einathmet, sinkt der Druck nicht nur in den Lungen, sondern auch in der Nasenhöhle unter den atmosphärischen, denn nur dadurch wird es möglich, dass die atmosphärische Luft in die Nasenhöhle eindringt. Es wird also hiedurch eine Tendenz der Thränenflüssigkeit nach abwärts erzeugt. Der Ueberdruck, der bei der Exspiration in der Nasenhöhle stattfindet, und vermöge dessen die Luft aus der Nasenhöhle in die Atmosphäre getrieben wird, scheint ganz oder grösstentheils durch Klappen aufgehoben zu sein. Man unterscheidet im Ganzen sieben Klappen oder klappenartig vorspringende Schleimhautfalten: eine an der Mündung des Thränenkanals in die Nasenhöhle, welche als vorspringende Schleimhautfalte an der inneren Seite liegt und nach aussen und abwärts gerichtet ist; ferner eine an der Grenze zwischen Thränengang und Thränensack, eine an der Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack, zwei am Grunde der Ampullen, der trichterförmigen Erweiterungen der Thränenröhrchen, und zwei an den Eingängen, an den Thränenpunkten. Es ist schwierig, im Einzelnen zu verfolgen, in wie weit diese klappenartigen Gebilde thatsächlich als Ventile wirken, und es finden sich in Bezug darauf auch gewiss individuelle Verschiedenheiten.

J. Gad bemerkt mit Recht, dass die Gesammtmenge der für gewöhnlich in den Conjunctivalsack ergossenen Flüssigkeit nicht gross sein kann, da bisweilen die Ableitung ganz gestört ist, ohne dass Thränenträufeln eintritt. Vlacovitsch sah bei Neugeborenen die Nasenschleimhaut den Thränengang ununterbrochen überziehen, und Verga sah dasselbe Verhalten, wenigstens auf der einen Seite, bei fünf Kindern zwischen vier und dreizehn Jahren.

Das Sehen und die Farben.

Was nennen wir sehen? Sehen nennen wir das Zumbewusstseinkommen der Erregungszustände unseres N. opticus. Ja, wir können im Allgemeinen sagen: das Bewusstwerden der Zustände des N. opticus, denn wir sehen ja auch die Dunkelheit, wir empfinden, dass es dunkel ist, weil wir in der Dunkelheit unsern N. opticus im Zustande der Ruhe empfinden. Ein Wesen, das keinen Sehnerven hätte, und dem auch die Theile des Centralorgans fehlten, durch welche uns die Gesichtsempfindungen zum Bewusstsein kommen, würde auch die Dunkelheit nicht empfinden, so wenig wie wir urtheilen, dass es hinter uns dunkel sei, weil wir nach rückwärts keine Augen haben.