

Beiträge zur normalen Anatomie des Augapfels.

Von

Prof. Ernst Fuchs in Lüttich.

Hierzu Tafel I—V.

v. Arlt sieht die Ursache der erworbenen Myopie in einer passiven Hyperämie des Uvealtractus. Dieselbe wird „zunächst bewirkt durch Druck auf die Wirbelvenen im Bereiche des Musculus rectus externus und M. obliquus inferior, welche bei anhaltender Convergenz sich geltend macht“*). — Diese Hypothese hat in den späteren Schriften über Myopie nicht die Beachtung gefunden, welche sie verdiente. Vielleicht liegt dies daran, dass bis jetzt keine anatomischen Untersuchungen vorliegen, welche speciell auf diesen Punkt gerichtet waren und auf welche v. Arlt sich hätte stützen können. Dies war die Veranlassung zur vorliegenden Arbeit. Ich nahm mir zunächst vor, die topographischen Verhältnisse zu studiren und festzustellen, ob und wo allenfalls eine Compression der Wirbelvenen durch die äusseren Augenmuskeln stattfinden könnte. Bei dieser Gelegenheit kam noch eine

*) v. Arlt, Ueber die Ursachen und die Entstehung der Kurzsichtigkeit, p. 48. Wien 1876.

Reihe anderer Punkte zur Untersuchung, welche ebenfalls in den folgenden Zeilen besprochen werden sollen, obwohl sie nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Frage stehen, welche ich mir anfangs gestellt hatte.

Als Material dienten theils Augen, welche in situ präparirt wurden, theils enucleirte Bulbi. Letztere hatte ich im Laufe der Jahre bei den Obduktionen gesammelt. Nur von wenigen war mir die Refraction, welche während des Lebens bestanden hatte, bekannt geworden; die Diagnose der Refraction musste also hauptsächlich aus der Axenlänge gemacht werden. 31 Augen hatten eine Axenlänge von 23—25 Mm.; ich betrachte sie als ungefähr emmetropisch. 4 Augen mit 21—22 Mm. Axenlänge werden als hypermetropische Augen gerechnet. 20 Augen waren myopisch. Bei 5 von diesen Augen betrug die Axenlänge zwischen 24 und 26 Mm. An diesen Bulbis wurde die Myopie durch das Vorhandensein des hinteren Scleralstaphylomes und der Aderhautatrophie nächst der Papille sichergestellt. Die übrigen 15 Augen hatten eine Axenlänge von 26—31 Mm.; sie zeigten sämmtlich die Ectasie der Sclera am hinteren Pole, dagegen habe ich es nicht für nöthig gehalten, sie sämmtlich zu eröffnen, um die Aderhautatrophie nachzuweisen.

An allen diesen Augen wurden sorgfältig (mit Hülfe der Lupe) gemessen die Sehnenansätze der Augenmuskeln sowie die Austrittstellen der Vortexvenen und der langen hinteren Ciliararterien, welche man ohne Schwierigkeit an der Aussenfläche des Bulbus auffindet. Ich suchte nun die relative Lage dieser Punkte zum Hornhautrande und zu den Meridianen des Auges derart aufzuzeichnen, dass ich später die gemessenen Augen leicht miteinander vergleichen könnte. Ich trug zu diesem Zwecke die Resultate der Messungen, auf die Ebene projicirt, auf Papier auf, und zwar in vierfacher Vergrößerung. Die Maasse jedes Auges wurden auf einem eigenen Bogen Papier verzeichnet.

Dieser Bogen (siehe Fig. 1 und 2) stellt die Oberfläche des Auges gleichsam aufgerollt und in eine Ebene ausgebreitet dar. AA entspricht dem Hornhautrande, BB dem Aequator eines emmetropischen Auges. Als Länge des Aequator wurde das Vierfache von 72.2 Mm. (Aequatorialumfang eines 23 Mm. langen Auges) angenommen. Die beiden Hälften des horizontalen und verticalen Meridians sind durch 4 gleich weit von einander abstehende, senkrechte Linien dargestellt. In dieses Schema wurde jede einzelne Messung sofort in vierfacher Vergrößerung eingetragen und auf diese Weise Lage, Grösse und Form der Sehnenansätze, sowie der Verlauf und die Austrittstellen der Blutgefässe verzeichnet. — Dieses Verfahren gestattet sehr leicht die Vergleichung mehrerer Augen unter einander. Man braucht zu diesem Zwecke nur die Schemata der betreffenden Augen nach einander in ein gemeinschaftliches Schema einzuzichnen. Fig. 1 und 2 geben ein Beispiel dieser vergleichenden Schemata, deren ich viele gemacht habe, um die gemessenen Augen nach allen Richtungen hin zu vergleichen.

Das von mir gebrauchte Schema schliesst folgende Fehler in sich: Der Hornhautrand ist in demselben durch eine dem Aequator parallele Linie dargestellt. Der Rand der Hornhaut liegt aber in der Wirklichkeit verschieden weit vom Centrum derselben und daher auch vom Aequator. Trotzdem wurde diese Darstellungsweise gewählt, weil ich, gleich den früheren Beobachtern, bei meinen Messungen den Hornhautrand als Ausgangspunkt genommen hatte. Zuerst wurde die Distanz zwischen diesem und den Insertionslinien der geraden Augenmuskeln bestimmt; von diesen letzteren wurde dann die Distanz zu den Insertionslinien der schiefen Augenmuskeln und zu den Austrittstellen der Gefässe gemessen. Sämmtliche Messungen sind daher in letzter Linie auf den Hornhautrand zu beziehen. Der Aequator wurde nur nachträglich zur bei-

läufigen Orientirung in das Schema eingezeichnet, wurde aber bei der Ausführung der Messung gar nicht berücksichtigt. Deshalb durfte auch dasselbe Schema für Augen verschiedener Axenlänge und daher verschiedenen Aequatorialumfangs verwendet werden. Es wurde dadurch nur der Fehler begangen, dass die Interstitien zwischen den Sehnen der *M. recti* nicht den wirklichen Verhältnissen entsprechen. Dieselben sind an myopischen Augen grösser als an emmetropischen und an diesen wieder grösser als an hypermetropischen. In den Schemas dagegen sind sie für alle Augen so ziemlich gleich, indem sie nur von der Breite der eingezeichneten Sehneninsertionen abhängen. Da aber die Breite dieser Interstitien für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung nicht in Betracht kommt, so durfte dieser Fehler vernachlässigt werden. Ich gewann dafür, wie schon erwähnt, die Möglichkeit leichter Vergleichung zwischen den durchaus gleich grossen Schemas.

Bei einer auf die Ebene projecirten Kugeloberfläche sollte die Vergrösserung der aufgetragenen Maasse mit der Distanz vom Aequator wachsen (entsprechend Mercators' Projection bei den Landkarten). Ich konnte hiervon um so mehr absehen, als die Insertionen der *M. recti* ungefähr ebensoweit vor dem Aequator liegen als die Insertionen der *M. obliqui* und die Austrittstellen der Wirbelvenen hinter demselben. Wenn ich also auch diese sämtlichen Punkte mit derselben (vierfachen) Vergrösserung einzeichnete, so wurden doch dabei die thatsächlichen Verhältnisse so ziemlich richtig wiedergegeben. — Die Maasse wurden durch Aufsetzen der Zirkelspitzen genommen und entsprechen daher den Sehnen und nicht den Bogen. Da die gemessenen Distanzen stets nur kurz sind, ist der dadurch begangene Fehler unbedeutend.

I. Insertionen der Augenmuskeln.

A. Musculi recti.

Um die Distanzen der Anheftungen der geraden Augenmuskeln vom Limbus zu messen, muss man die zu messenden Sehnen stark von der Sclera abziehen, damit die genaue Stelle des Ueberganges der Sehne in die Sclera sichtbar werde. Wenn man dann die Sehne knapp an der Sclera abschneidet, sieht man ihre Insertionslinie mit grosser Deutlichkeit. Die eine Zirkelspitze wurde an den hinteren Rand dieser Insertionslinie, welche ja eine gewisse Breite hat, angesetzt. — Man findet fast in jedem Handbuche der Anatomie Angaben über die Distanzen der Muskelinsertionen von der Hornhaut, mit zum Theile sehr differirenden Werthen; ich verweise diesbezüglich auf Merkel's Arbeit.*) Ich selbst habe folgende Werthe gefunden.

Tabelle I.

	31 emmetropische Augen			20 myopische Augen			4 hypermetr. Augen
	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Mittel
Rectus internus	6.7	4.3	5.5	6.2	4.8	5.5	5.2
„ inferior	8.2	5.3	6.5	8.5	6.3	6.9	6.0
„ externus	8.2	5.3	6.9	8.2	5.8	6.9	6.4
„ superior	9.0	6.8	7.7	9.7	6.3	7.7	7.1

In vorstehender Tabelle folgen die geraden Augenmuskeln nach ihrer Entfernung vom Hornhautrande. Die individuellen Schwankungen sind nicht unbeträchtlich, wie die gefundenen Maxima und Minima darthun. Noch besser

*) Handbuch der gesammten Augenheilkunde, herausgegeben von Graefe und Saemisch I. Bd. p. 55.

werden diese Schwankungen durch die Fig. 1 und 2 veranschaulicht. Fig. 1 zeigt die Muskelinserktionen von 10 normalen rechten Augen, zusammen in ein Schema eingetragen; Fig. 2 zeigt dasselbe für 8 myopische linke Augen. — In der Regel verhält es sich so, dass, wenn für eine Sehne die Distanz von der Hornhaut ungewöhnlich gross oder ungewöhnlich klein ist, dies auch für die übrigen Sehnen gilt. Es bleibt also die Reihenfolge der Sehnen rücksichtlich ihrer Distanzen von der Hornhaut in den meisten Fällen dieselbe. Häufige Schwankungen finden nur in Bezug auf das Verhältniss zwischen Rectus inferior und Rectus externus statt, welche fast die gleiche Distanz von der Hornhaut haben: Bald ist die eine, bald die andere der beiden Sehnen der Hornhaut etwas näher gelegen.

Die Entfernung der Insertionen vom Hornhautrande ist von grosser Bedeutung für die Wirkung des betreffenden Muskels. Je näher der Hornhaut sich der Muskel anheftet, desto grösser ist seine Abrollungsstrecke und desto grösser unter sonst gleichen Bedingungen sein Einfluss auf die Stellung des Auges. Die Muskeln, welche wir am öftesten und anhaltendsten in Thätigkeit setzen (Rectus internus und inferior) inseriren sich der Hornhaut am nächsten. Es ist schwerlich ein blosser Zufall, dass wir dieselbe Reihenfolge der Muskeln wie in obiger Tabelle auch erhalten würden, wenn wir die Muskeln nach ihrer Thätigkeit sich folgen liessen.

Nach dem Gesagten scheint es nicht unwahrscheinlich, dass Aenderungen in dem Verhältnisse der Insertionsdistanzen Störungen des Muskelgleichgewichts zur Folge haben könnten. Solche Störungen kommen am häufigsten zwischen den inneren und äusseren Augenmuskeln vor. Ich wollte daher sehen, in welchem Verhältnisse die Insertionsdistanzen dieser beiden Muskeln zusammen stehen und ob dieses Verhältniss vielen Variationen unterworfen

ist. Dies ist nun in der That der Fall. An manchen der untersuchten Augen betrug der Unterschied der Insertionsdistanzen bis zu $2\frac{1}{2}$ Mm.; während an anderen Augen die beiden Muskeln sich fast oder ganz gleich weit von der Hornhaut inserirten. Auch ist das Verhältniss der Insertionsdistanzen oft bei je zwei zusammengehörigen Augen ziemlich verschieden.*) Zu viel Bedeutung darf man jedoch diesen Schwankungen der Insertionsdistanzen nicht beilegen. Man beobachtet nämlich dieselben auch bezüglich des Rectus superior und inferior. Das Verhältniss der Insertionsdistanzen dieser beiden Muskeln ist sehr variabel und wurde oft an den beiden zusammengehörigen Augen ganz verschieden gefunden. Gleichgewichtsstörungen dieser Muskeln kommen aber nur sehr selten vor. Man muss daher wohl annehmen, dass in den meisten Fällen die Verschiedenheiten der Insertionsdistanzen durch andere Factoren (namentlich verschiedene Stärke der Muskeln) ausgeglichen werden, so dass die vollkommene Harmonie wieder hergestellt wird.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass bezüglich der Insertionsdistanzen kein Unterschied zwischen emmetropischen und hypermetropischen Augen besteht. Dagegen sind bei den vier von mir untersuchten hypermetropischen Augen die Muskelansätze der Hornhaut etwas näher gerückt (im Durchschnitt um $\frac{1}{2}$ Mm.).

Die Lage der Insertionslinien der vier geraden Augenmuskeln zu den Meridianen und dem Aequator des

*) Ich muss es wohl als einen Zufall betrachten, dass an den von mir untersuchten rechten Augen der Unterschied in der Insertionsdistanz der beiden Augenmuskeln durchschnittlich um $\frac{1}{2}$ Mm. mehr betrug als an den linken Augen. Dies gilt sowohl für emmetropische als für myopische Augen und rührt daher, dass an den linken Augen der R. externus sich etwas näher der Hornhaut inserirte als an den rechten. Für 26 rechte Augen betrug die Insertionsdistanz des R. externus im Mittel 7,1 Mm., für 27 linke Augen 6,7 Mm.

Auges bietet manche Unregelmässigkeiten dar. Beginnen wir mit den Insertionen des äusseren und inneren Geraden. In ungefähr der Hälfte der Fälle lagen dieselben symmetrisch zum horizontalen Meridiane, so dass dieser die Insertionslinie in ihrer Mitte traf. Wo dies nicht der Fall war, hatte sich die Insertionslinie des Rectus internus nach unten verschoben (nur in 2 Fällen nach oben) und zwar zuweilen so stark, dass fast $\frac{2}{3}$ der Sehnen unterhalb des horizontalen Meridianes lag. Für die Sehne des Rectus externus gilt das Gegentheil. Abweichungen dieser Sehne kamen selten nach unten, viel häufiger und in höherem Grade dagegen nach oben vor (siehe Fig. 3). Wenn also eine Assymetrie der Insertion vorhanden war, traf es sich am häufigsten, dass die Sehne des Rectus internus nach abwärts, die des R. externus nach oben verschoben war. In diesem Falle mussten also die Contractionen des R. internus gleichzeitig eine leichte Senkung, die des R. externus eine Hebung des Augapfels bewirken.

Die Insertionslinie des äusseren und inneren Geraden ist auch insofern unregelmässig orientirt, als sie kaum in der Hälfte der Fälle senkrecht auf den horizontalen Meridian steht. Sehr häufig liegt nämlich die Insertionslinie des R. internus mit ihrem oberen Ende der Hornhaut näher als mit ihrem unteren, oder mit anderen Worten, die Sehne ist oben länger als unten (Fig. 3). Dagegen ist die Insertionslinie des R. externus im umgekehrten Sinne gegen den Meridian geneigt; ihr oberes Ende liegt weiter von der Hornhaut als das untere.

Wir constatiren also in vielen Fällen an der Insertion des R. internus und externus eine assymetrische Orientirung und zwar in der Regel für die beiden Muskeln in entgegengesetztem Sinne. Es muss jedoch zur Beurtheilung der Wirkungsweise der Augenmuskeln ausser der Lage der Insertionslinie auch noch die Lage der Muskelebene

im Allgemeinen in Betracht gezogen werden. Nach Volkmann *) fällt dieselbe für keinen der beiden genannten Muskeln mit der Horizontalebene zusammen. Wenn wir dennoch einfache Drehungen des Auges um die vertikale Axe auszuführen im Stande sind, ohne jede Höhenablenkung und Rollung des Auges, so kann dies nur so erklärt werden, dass bei jeder, auch der scheinbar einfachsten Bewegung unseres Auges mehrere, ja wahrscheinlich alle Augenmuskeln in Thätigkeit gesetzt werden.

Häufiger und beträchtlicher ist die Assymetrie der Insertion des R. superior und inferior (Fig. 1—3). Die Sehne des R. superior inserirt sich in der grossen Mehrzahl der Fälle so, dass ihre grössere Hälfte (bis zu $\frac{2}{3}$) an die äussere Seite des vertikalen Meridians zu liegen kommt. Die Sehne des R. inferior wurde in etwa $\frac{1}{3}$ der untersuchten Fälle durch den Meridian halbirt. In den übrigen Fällen ist sie meist ebenfalls nach aussen verrückt, nur selten (und dann nie beträchtlich) nach innen. Beide Sehnen setzen sich in der Weise schief an, dass ihr innerer Rand der Hornhaut näher liegt als der äussere (Fig. 3). Nur in wenigen Fällen ist diese schiefe Stellung gering und gleichsam nur angedeutet; in der Regel ist sie ziemlich bedeutend und fast stets am R. superior und inferior in ungefähr gleichem Grade vorhanden.

In Folge der assymetrischen Lage der Insertion würden der R. superior und inferior nebst der Höhenablenkung noch eine Abduction des Augapfels hervorbringen, wenn die Muskeln sonst eine ungefähr sagittale Verlaufsrichtung hätten. Dies ist aber nicht der Fall; die Muskeln ziehen vielmehr von hinten innen nach vorne aussen. Deshalb hat ihre Contraction nicht bloss Höhenablenkung, sondern auch Adduction zur Folge. Dieser

*) Bericht der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, 1869.

letzteren nun wirkt die Verschiebung der Insertion nach aussen entgegen, ohne sie übrigens ganz aufheben zu können. Nur in den extremen Fällen von Assymmetrie könnte dadurch vielleicht die adducirende Wirkung ganz neutralisirt werden, so dass nur die Höhenwirkung der beiden Recti übrig bleibt.

Die Breite der Sehnenanheftungen an die Sclera unterliegt bedeutenden Schwankungen, wie durch Fig. 1 und 2 veranschaulicht wird. Um die Breite der Sehnen zu messen, muss man diese letzteren erst von dem anhängenden Bindegewebe befreien. Wie Merkel beschreibt*), entwickeln sich zu beiden Seiten der Sehnen reichlichere Bindegewebsmassen, welche sich fest an den Augapfel anheften und die Sehneninsertion nach beiden Seiten hin zu verlängern scheinen. Wenn man jedoch mit der Pincette stark an diesem Bindegewebe zerrt, kann man dasselbe verhältnissmässig leicht sowohl von der Sehne als von der Sclera ablösen, während das Abreißen der Sehnenfasern selbst nur mit grosser Mühe gelingt. Auf diese Weise muss man die Sehne von dem anhängenden Bindegewebe befreien, um sie rein zur Anschauung zu bringen und zu messen. Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle II.

	31 emmetropische Augen			20 myopische Augen			4 hypermet. Augen
	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Mittel
Rectus internus	12	8.8	10.3	13.7	9.8	11.4	10.2
„ externus	10.2	8.5	9.2	12.7	8.8	10.1	9.1
„ superior	13.2	8.5	10.6	12.7	9.0	10.9	9.9
„ inferior	13.2	7.8	9.8	13.2	8.8	10.4	9.6

*) Graefe-Saemisch I. Bd., p. 56.

Zu dieser Tabelle ist Folgendes zu bemerken: Aus den angegebenen Maximis und Minimis sind die beträchtlichen Variationen der Sehnenbreite zu ersehen. Meistens finden diese Schwankungen an allen Sehnen eines Auges in demselben Sinne statt, das heisst, es giebt Augen mit breiten Sehnen und andere mit schmalen Sehnen. Doch kommen häufig Ausnahmen davon vor, indem die eine oder andere der Sehnen besonders breit oder schmal ist. Man darf daraus nicht auf eine stärkere oder geringere Entwicklung des betreffenden Muskels schliessen. Die Breite der Sehnenanheftung steht durchaus nicht in einem bestimmten Verhältnisse zur Stärke des Muskels. Wenn man diese letztere nach dem Gewichte des Muskels bemisst, so halten die Muskeln nach Volkmann *) folgende Reihenfolge ein: R. superior (0.514 Gr.), R. inferior (0.671 Gr.), R. externus (0.715 Gr.) und R. internus (0.747 Gr.). Der Breite der Sehnenanheftung nach folgen sich die Muskeln hingegen in folgender Weise: R. externus, R. inferior, R. internus und R. superior. Der schwächste (leichteste) Muskel hat also die breiteste Insertion (R. superior).

Die myopischen Augen besitzen durchschnittlich etwas breitere Sehnenanheftungen als die emmetropischen. Dagegen besteht, wie in Tabelle I. ersichtlich gemacht wurde, kein Unterschied in Bezug auf die Entfernung der Insertionen vom Hornhautrande. Man kann daraus entnehmen, welcher Art die Formveränderung des kurzsichtigen Augapfels in seiner vorderen Hälfte ist. Dieselbe erfährt — entsprechend dem grösseren äquatorialen Durchmesser des myopischen Auges — eine Erweiterung im Sinne der Parallelkreise; dagegen findet keine Ausdehnung der Sclera in der Richtung von vorne nach hinten statt. Wir werden später — aus der Untersuchung der Ausmündungsstellen

*) l. c. p. 57.

der Wirbelvenen — sehen, dass das gleiche Verhältniss sich noch ziemlich weit nach rückwärts erstreckt.

Was die Form der Insertionslinie anbelangt, so ist dieselbe beim R. internus und externus entweder eine gerade Linie oder ein flacher, nach vorne convexer Bogen. Die Insertion des R. superior und inferior bildet einen etwas stärkeren Bogen mit vorderer Convexität (Fig. 3). Am R. superior findet man besonders die beiden Seitenränder der Sehnen etwas weiter nach rückwärts angeheftet; an einigen Augen bildete die Insertionslinie dieses Muskels nicht einen Bogen, sondern eine unregelmässige Wellenlinie (Fig. 1 und 6).

B. Musculus obliquus superior.

Die Insertionslinie der Sehne des Obliquus superior schliesst mit der Tangente des oberen Hornhautrandes einen Winkel von ungefähr 45° ein. Es unterliegt daher grossen Schwierigkeiten, den Abstand dieser Sehne von der Hornhaut zu messen. Man könnte zu diesem Zwecke entweder das vordere Ende oder die Mitte der Insertionslinie wählen; in beiden Fällen hängt der erhaltene Werth nicht allein von der Lage der Sehne, sondern auch von ihrer Länge ab. Die Zahlen, welche ich durch solche Messungen erhielt, weichen so sehr von einander ab, dass ich auf deren Wiedergabe verzichte. Ich begnüge mich, auf die Figuren 1—4 hinzuweisen, welche die Lage der Sehnen veranschaulichen.

Das vordere Ende der Obliquussehne liegt ungefähr in demselben Meridian wie das äussere Ende der Insertion des Rectus superior. Auch ist in vielen Augen ersteres ungefähr eben so weit hinter dem Aequator, als letzteres vor dem Aequator gelegen. Die absolute Distanz zwischen diesen beiden Sehnenenden beträgt im Mittel 4.6 Mm., aber mit Schwankungen von 0.5 bis zu 8 Mm. Das oben erwähnte straffe Bindegewebe, welches die Sehnen begleitet,

zieht oft von der Sehne des Rectus superior auf die des Obliquus in ganz continuirlicher Weise hinüber, namentlich wenn die beiden Sehnen an und für sich einander näher gelegen sind. Es gewinnt dann leicht den Anschein, als ob die beiden Sehnen selbst in einander übergehen würden. Einen thatsächlichen Uebergang der eigentlichen Sehnenfasern habe ich nur ein einziges Mal (in einem myopischen Auge) beobachtet.

Die Anheftungslinie bildet einen Bogen, dessen Convexität nach hinten aussen sieht. Die Sehne des Bogens schliesst mit dem verticalen Meridian einen nach vorne offenen Winkel von durchschnittlich 45° ein. Das hintere Ende der Insertionslinie liegt entweder noch an der äusseren oder schon an der inneren Seite des verticalen Meridians. Es lassen sich mit Rücksicht auf die Länge und Lage der Insertionslinie 2 Typen unterscheiden. In den Fällen des ersten Typus (Fig. 5a) schlägt der von der Insertionslinie gebildete Bogen von seinem vorderen Ende aus eine stark nach innen gehende Richtung ein, so dass er bald den verticalen Meridian erreicht. Er endet stets jenseits (an der Innenseite) desselben; in ausgeprägten Fällen liegt sein inneres Ende in demselben Meridian wie das innere Ende der Insertionslinie des Rectus superior oder sogar noch nach innen davon.*) — In den Fällen der zweiten Art (Fig. 5b) ist die Insertionslinie kürzer und der von ihr gebildete Bogen flacher. Die Insertionslinie beginnt weiter vorne (näher dem Aequator) und zieht mehr nach hinten und weniger nach innen als im ersten Falle. Sie erreicht daher den verticalen Meridian nicht, sondern endigt nach aussen von demselben. Beim ersten Typus nähert sich also die Lage der Insertionslinie der äquatorialen, beim zweiten Typus der meridionalen Richtung.

*) Man muss sich indessen hüten, das straffe Bindegewebe zur Seite der Obliquussehne als Fortsetzung der Sehne anzusehen, wodurch diese noch viel länger erscheinen würde.

Die beiden Zeichnungen der Figur 6 geben charakteristische Beispiele für diese beiden Typen; zwischen denselben finden sich jedoch alle möglichen Uebergangsformen. Beide Typen kommen sowohl bei emmetropischen als bei myopischen Augen vor. Doch ist nicht zu verkennen, dass der erste Typus überwiegend bei emmetropischen Augen sich findet und bei hypermetropischen am allermeisten ausgeprägt ist, während der zweite Typus überwiegend bei kurzsichtigen Augen angetroffen wird. Die durchschnittliche Länge sämtlicher Bulbi, welche die erste Anheftungsform darboten, betrug 24.3 Mm., die Länge der Augen mit der zweiten Form 25.4 Mm. (vergleiche die Insertionslinie der Obliqui sup. in Fig. 1 und Fig. 2). Ich werde deshalb der Kürze halber den ersten Typus als die emmetropische, den zweiten als die myopische Anheftungsform der Obliquussehne bezeichnen. Ich will damit nicht sagen, dass die beiden Formen für die beiden Refraktionszustände strenge charakteristisch seien; ich bemerke vielmehr nochmals, dass es von dieser Regel zahlreiche Ausnahmen giebt.

Für den Zusammenhang zwischen der Anheftung des Obliquus superior und der Refraction scheint mir folgende Erklärung die wahrscheinlichste zu sein: Die emmetropische Anheftungsform ist als die ursprüngliche, normale anzusehen, denn sie wird am häufigsten angetroffen und zwar vor Allem an normalen Augen. Ich habe sie auch an den Augen neugeborner Kinder, sowie an den Augen eines fünfmonatlichen Fötus gefunden. Die myopische Anheftungsform ist also als die abnorme zu betrachten und es handelt sich darum, zu zeigen, wie sie aus der normalen Form sich herausgebildet hat. Bei Einwärtswendung des Auges wird die Obliquussehne passiv angespannt. Wenn man die Lage der Anheftungslinie zum Drehpunkte des Bulbus (c. in Fig. 5 u. 6) ins Auge fasst, so sieht man, dass bei der Einwärtswendung des Auges

die am meisten nach innen angehefteten Sehnenfasern am stärksten gespannt werden, die anderen aber um so weniger, je weiter sie nach aussen liegen. Diese Zerrung fällt umsomehr ins Gewicht, wenn gleichzeitig infolge Contraction des Obliquus superior die Sehnenfasern auch activ angespannt werden. Dieser Fall tritt ein, wenn sich die Convergenz mit Senkung der Gesichtslinien combinirt, wie dies bei der gewöhnlichen Arbeit in der Nähe der Fall ist. Bei jenen Augen also, welche durch anhaltende Nahearbeit myopisch wurden, sind die innersten Fasern der Obliquussehnen einer sehr häufigen Zerrung ausgesetzt gewesen. Es wäre denkbar, dass sie in Folge dessen allmählig atrophirten, während sich neue Fasern am vorderen Rande der Sehne anbildeten. In der That reicht an solchen Augen die Insertionslinie weiter nach vorne.

Fig. 6 veranschaulicht die ungleiche Dehnung der Obliquusfasern bei Einwärtswendung des Auges. Die Zeichnung stellt die Anheftung der Obliquussehne an einem 22 Mm. langen Auge in vierfacher Vergrösserung dar. Die Lage der Trochlea (T) relativ zum Bulbus habe ich nach Volkmann eingezeichnet.*) Nach diesem Autor liegt die Trochlea in einer Höhe mit dem obersten Punkte des Augapfels. Ihr Abstand von der Sagittalebene des Auges beträgt 15.27 Mm., ihr Abstand von einer durch die beiden Augenmittelpunkte gelegten vertikalen Ebene 8.24 Mm. Der Verlauf der Sehnenfasern wird ungefähr durch das Dreieck Tb b dargestellt. Lassen wir nun den Bulbus eine Einwärtswendung von 10° um den Drehpunkt c ausführen. Die Lage, welche die Insertionslinie jetzt einnimmt, ist mit Hülfe der beiden Coordinatensysteme d c V und d₁ c o leicht zu bestimmen; sie ist b₁ b₁. Die Distanz Tb ist in der Zeichnung um 6 Mm., in Wirklichkeit um $\frac{6}{4} = 1.5$ Mm. länger als Pb; die innersten Sehnenfasern werden also um 1.5 Mm. bei der Einwärtsdrehung des Bulbus gedehnt. Je weiter nach aussen (und vorne) die Fasern sich inseriren, um so geringer ist die Verlängerung, welche sie erfahren. Die Fasern des äussersten

*) l. c. p. 49.

Viertels der Insertionslinie erleiden überhaupt keine Verlängerung. — Es muss indessen bemerkt werden, dass in Wirklichkeit die Sehnenfasern nicht wie in der Zeichnung vollkommen geradlinig von der Trochlea zur Anheftungsstelle ziehen, sondern dass sie bogenförmig verlaufen, indem die Sehne eine fächerförmige Ausbreitung besitzt. Dadurch wird der Zerrung der Sehnenfasern bei Drehung des Auges zum Theile entgegengearbeitet.

Zu den Eigenthümlichkeiten der myopischen Anheftungsform gehört ausser der geringeren Länge der Insertionslinie auch noch deren steilere Stellung. Die Insertionslinie bildet einen Bogen, dessen Sehne mit dem vertikalen Meridiane einen nach vorne offenen Winkel einschliesst. Derselbe betrug bei den von mir untersuchten emmetropischen Augen 49° , bei den myopischen Augen dagegen nur 41° (Fig. 5). Wenn die Insertionslinie sehr steil steht, wird bei Einwärtswendung des Auges das vordere Ende derselben der Trochlea sogar genähert, die entsprechenden Sehnenfasern also entspannt, wie sich durch eine der obigen analoge Construction leicht nachweisen lässt.

Die Breite der Sehnenanheftung des Obliquus superior unterliegt grossen Schwankungen, in gleicher Weise, wie dies bei den 4 Rectis der Fall ist. Ich habe folgende Maasse für die Breite der Obliquusinsertion gefunden.

	Maximum	Minimum	Mittel
31 emmetropische Augen	12.7	7.5	10.7
20 myopische Augen ,	14.0	6.8	9.6

Ueber die Form der Anheftungslinie wurde schon oben das Nöthige bemerkt. In einem Falle (bei einem myopischen Auge) fand ich eine Varietät in der An-

heftungsweise: Der Fächer der Sehnenfasern theilte sich in zwei Bündel, welche sich isolirt, das kleinere hinter dem grösseren, an die Sclera anhefteten.

C. Musculus obliquus inferior.

Der Obliquus inferior hat unter allen Augenmuskeln die kürzeste Sehne. Merkel gibt ihre Länge zu 2.6 Mm. an. An vielen Augen bleibt aber der Muskel bis knapp an die Sclera hin fleischig; an mikroskopischen Schnitten kann man gleichzeitig mit den Sehnenfasern einzelne quergestreifte Muskelfasern bis zwischen die oberflächlichsten Sclerallamellen hinein verfolgen.

Der Obliquus inferior unterliegt am meisten von allen Augenmuskeln Variationen bezüglich seiner Insertion. Die Anheftungsline desselben liegt hinter der des Rectus externus, und zwar so, dass das vordere Ende der Obliquusinsertion ungefähr in demselben Meridiane liegt, wie das untere Ende der Externusinsertion (Fig. 3). Die mittlere Distanz zwischen diesen beiden Punkten beträgt 9.5 Mm. (Maximum 11.2 Mm., Minimum 6.8 Mm.). Dieselbe ist an myopischen Augen durchschnittlich etwas grösser (Mittel 9.7 Mm.), als an emmetropischen (Mittel 9.3 Mm.). An emmetropischen Augen liegt das vordere Ende der Obliquusinsertion ungefähr eben so weit hinter dem Aequator des Auges, als die Insertionslinie des R. externus vor demselben liegt. Bei myopischen Augen ändert sich natürlich dieses Verhältniss dadurch, dass sich der Aequator nach hinten verschiebt.

Die Insertionslinie des Obliquus inf. bildet in der Regel einen flachen Bogen, dessen Convexität nach aufwärts (und etwas nach vorne) sieht. Dieser Bogen zieht von einem vorderen Ende aus nach oben und hinten, so dass er mit seiner hinteren Hälfte den horizontalen Meridian berührt oder etwas überschreitet (Fig. 1 und 2). Der grösste Theil der Insertionslinie liegt also unterhalb des

horizontalen Meridianen. Die Sehne des Bogens schliesst mit dem horizontalen Meridiane einen nach vorne offenen Winkel ein, welcher im Mittel 19° beträgt. Da die Insertion des Obliquus superior mit dem verticalen Meridiane einen Winkel von durchschnittlich 45° bildet, so ist es nicht gerechtfertigt, die Insertionslinien der beiden Obliqui als parallel zu betrachten, wie dies in manchen Lehrbüchern geschieht.

Abweichungen von der angegebenen Lage der Sehne sind häufig (Fig. 1 und 2). So kommt es vor, dass die Insertionslinie grösstentheils (Fig. 7aa) oder selbst ganz (Fig. 7bb) oberhalb des horizontalen Meridians liegt. Andere Abweichungen beziehen sich auf die Neigung der Insertionslinie zum Meridian. Dieselben sind zuweilen sehr bedeutend, wie die beiden Insertionslinien aa und bb zeigen, welche fast senkrecht auf einander stehen. — Haben diese Anomalien bestanden, ohne dass während des Lebens irgend welche Störungen im Muskelgleichgewichte sich geltend machten? Ich füge noch hinzu, dass in diesen abnormen Fällen die Insertion des Obliquus superior keine entsprechende Abweichung von der Norm zeigte, welche etwa eine Compensation des Fehlers hätte bewirken können.

Die Breite der Anheftungslinie des Obliquus inferior ist folgende:

	Maximum	Minimum	Mittel
31 emmetropische Augen . . .	11.2	7.0	9.4
20 myopische Augen	14.7	8.3	10.5

Die Breite der Insertionslinie ist also bei den myopischen Augen durchschnittlich länger als bei den emmetropischen. Dies ist ohne Zweifel auf die Ausdehnung der Sclera in meridionaler Richtung zurückzuführen. Wir

haben aus den Abständen der vier Recti vom Hornhautrande, welche für emmetropische und myopische Augen gleich sind, geschlossen, dass eine solche Ausdehnung in der vorderen Hälfte des myopischen Auges nicht existirt. Der Obl. inferior erstreckt sich aber so nahe an den hinteren Augenpol, dass er zum Theil schon in diejenige Region fällt, wo die Sclera in meridionaler Richtung ausgedehnt ist.

Wie weit nähert sich das hintere Ende der Obliquussehne dem hinteren Augenpole? Ich habe an den Augen die Entfernung des hinteren Endes der Insertionslinie von der äusseren Opticusscheide gemessen. Die erhaltenen Resultate sind:

	Maximum	Minimum	Mittel
31 emmetropische Augen	7.5	3.8	5.2
20 myopische Augen	11.5	4.8	7.1

Die Distanz zwischen äusserer Sehnervenscheide und Fovea centralis betrug bei einer Anzahl von Augen, die ich darauf untersuchte, im Mittel 3 Mm. *) Zieht man dies von den obigen Werthen ab, so ergibt sich, dass in emmetropischen Augen das hintere Ende der Obliquusinsertion sich der Fovea durchschnittlich auf 2.2 Mm. nähert (Henle giebt die Entfernung auf „etwas über 2 Mm.“ an.) In myopischen Augen bleibt wegen des

*) Ich stach zu diesem Zwecke eine Nadel an der Stelle der Netzhautgrube durch die Augenhäute hindurch, so dass sie an der äusseren Oberfläche des Auges zum Vorschein kam und daselbst den Ort der Fovea anzeigte. Hier wurde die eine Zirkelspitze angesetzt, die andere wurde ziemlich fest gegen die äussere Sehnervenscheide angedrückt, woraus sich erklärt, dass die Distanz zwischen den beiden Punkten so gross gefunden wurde.

hinteren Staphyloms die Obliquussehne weiter vom Sehnerven und wohl auch von der Fovea centralis entfernt.

Die Form der Insertionslinie ist, wie schon erwähnt, ein flacher Bogen, doch kommen, mehr als bei jedem anderen Muskel, Variationen vor. Häufig bildet die Insertionslinie eine gerade Linie, oder eine Wellenlinie, oder eine gebrochene Linie (Fig. 7 ccc), Zuweilen biegt sich die Linie an ihrem vorderen oder hinteren Ende hakenförmig um (Fig. 1). Besonders häufig geht der Muskel statt in eine, in mehrere (bis zu 4) platte Theilsehnen aus, welche sich isolirt an die Sclera ansetzen. Die einzelnen Sehnenansätze sind dann entweder einander parallel und in regelmässiger Weise echelonirt, oder sie bilden miteinander einen Winkel (Fig. 7 dd und $d_1 d_1$).

II. Wirbelvenen.

A. Lage und Zahl der Wirbelvenen.

Leber sagt in seiner klassischen Arbeit über die Blutgefässe des Auges *) Folgendes von den Wirbelvenen: „Die Venae vorticosae entstehen bekanntlich aus vier Stämmchen, welche zum Aequator des Auges sich hinbegeben und vor dem Eintritte in die Sclera sich zuweilen in zwei Aeste theilen, so dass die Zahl der Gefässe dadurch auf sechs, selten darüber steigen kann. Sie machen einen sehr langen Verlauf durch die Sclera; ich fand den dadurch entstehenden weiten, von schlaffen Wänden gebildeten Canal bei einer der grösseren Venen $5\frac{1}{2}$ Mm. lang, bei einer der kleinsten noch $1\frac{1}{2}$ Mm. Es ist nicht unmöglich, dass unter pathologischen Verhältnissen durch eine Steigerung des intraocularen Druckes dieser Canal zusammengedrückt und der Venenabfluss gehemmt werden

*) Denkschriften der Kaiserl. Academie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 24. Bd., pag. 308.

kann, wodurch dann weiterhin ein Fortbestehen der pathologischen Drucksteigerung bedingt würde.*) Während dieses Laufes durch die Sclera und beim Uebertritt in die Chorioidea finden sehr häufig Theilungen derselben statt, wodurch die Zahl der in die Chorioidea eintretenden Aeste auf 10 und darüber steigen kann. In der Chorioidea angelangt, bilden die Venen die bekannten Wirbel, indem sie radienförmig von allen Seiten her Gefässe aufnehmen. Die grösseren 4—6 Stämme bilden vollkommene Wirbel, die kleineren dagegen nehmen häufig nur von vorne oder von hinten Aeste auf und erzeugen daher nur unvollständige Vortices."

Leber spricht nicht davon, in welchen Meridianen diese Venen in die Sclera eintreten und ob sie ungefähr gleichen Abstand von einander einhalten oder nicht. Darüber äussert sich Schwalbe in folgender Weise**):

„Es sammeln sich, und zwar gewöhnlich an vier etwa am Aequator des Augapfels gelegenen Stellen, welche je um $\frac{1}{4}$ Kreisbogen von einander entfernt sind, ansehnliche Venenstämmchen." Dazu giebt er nach Arnold einen Holzschnitt, welcher ungefähr in der Mitte jedes Augapfelquadranten einen Venenwirbel zeigt. Gurwitsch macht viel richtigere Angaben über diesen Punkt***): „Die Venae vorticosae perforiren die Sclera bisweilen in der Mitte zwischen dem Aequator des Auges und der Eintrittsstelle des Sehnerven, bisweilen aber bald näher zum ersteren, bald näher zum letzteren Punkte. Gewöhnlich giebt es ihrer nicht mehr als 4—5, wobei 2 derselben die obere Peripherie des Augapfels, die anderen seine untere Peripherie durchsetzen."

*) Diese Vermuthung hat Leber später wieder zurückgezogen. Graefe-Sämisch II. Bd., p. 355.

***) Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen 1883. pag. 184.

***) v. Graefe's Archiv XXIX. Bd., 4. Abth., p. 67.

Das ist Alles, was wir über die Topographie der Vortexvenen wissen. *) Ich habe dieselben an noch zahlreicheren Augen studirt, als für die Muskelinsertionen zur Verwendung kamen. Zu dieser Untersuchung braucht man keine Injection der Blutgefäße. Mit blossem Auge oder noch besser mit der Lupe findet man leicht die Austrittstellen der Venen an der äusseren Oberfläche des Augapfels auf. Oeffnet man das Auge, zieht man die Netzhaut ab und pinselt man, wenn nöthig, das Pigmentepithel von der Aderhaut ab, so treten die Vortices der Aderhaut sofort deutlich hervor. Bei dem Abziehen der Aderhaut von der Sclera kann man leicht die Stelle sehen, wo eine Wirbelvene in die Sclera sich einsenkt. Wenn man daselbst eine Nadel durch die Sclera durchstösst, so dass ihre Spitze an der Aussenseite der Sclera sichtbar wird, kann man den Abstand zwischen Ein- und Austrittsstelle der Vene, also die Länge des Venencanals in der Sclera messen. Meist gelingt es auch leicht, von der Austrittsstelle der Vene aus mit einem feinen Silberdraht den Venencanal zu sondiren und so seine Richtung und Länge festzustellen. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate wurden in dieselben Schemata eingetragen, in welche bereits vorher die Muskelinsertionen der betreffenden Augen eingezeichnet worden waren.

Sämmtliche Arten der Venenvertheilung, welche ich fand, lassen sich auf einen Grundtypus zurückführen, dessen Variationen sie darstellen. Dieser Grundtypus ist folgender: Vier Venen treten an den Augapfel heran, welche sich zu zwei Paaren, einem oberen und einem unteren, gruppiren. Die beiden Venen des oberen Paares

*) Während des Druckes dieser Arbeit erschien v. Arlt's Abhandlung „Zur Lehre vom Glaucom“. In derselben finden sich (auf S. 112) von Weichselbaum gelieferte Daten über die Lage der Wirbelvenen, welche genauer sind als die bisher vorliegenden. Ich muss mich damit begnügen, hier auf diese Schrift zu verweisen.

(Fig. 4a und a_1) liegen zu beiden Seiten der oberen Hälfte des verticalen Meridians. Sie sind jedoch nicht genau symmetrisch zu demselben gelagert, sondern etwas nach innen verschoben, das heisst die äussere Vene (a_1) liegt dem Meridian näher, die innere Vene (a) aber ferner. Die beiden Venen senken sich nun 7—8 Mm. hinter dem Aequator in die Sclera ein und zwar die äussere (a_1) etwas weiter nach hinten als die innere (a). — Das untere Paar der Vortexvenen (Fig. 4b und b_1) steht in einem analogen Verhältnisse zur unteren Hälfte des verticalen Meridians. Die Venen treten etwas weiter vorne, durchschnittlich $5\frac{1}{2}$ —6 Mm. vom Aequator entfernt in die Sclera ein. — Die in die Sclera eingetretenen Venen durchbohren dieselbe sehr schräge. Sie schlagen innerhalb der Sclera eine nach vorne gehende und gleichzeitig vom verticalen Meridian sich abwendende Richtung ein, also ungefähr so, als ob jedes Venenpaar die beiden auseinander fahrenden Zweige eines sich dichotomisch theilenden Gefässes wären. Die Austrittstellen der Venen an der inneren Oberfläche der Sclera liegen $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Mm. hinter dem Aequator.

Um uns die Anordnung der Wirbel in der Aderhaut zu vergegenwärtigen, denken wir uns dieselbe in ihre vier Quadranten getheilt (Fig. 8). Die eine Grenze jedes Quadranten entspricht dem horizontalen Meridiane und ist durch eine der beiden langen Ciliararterien gekennzeichnet. Die andere Grenze wird durch den verticalen Meridian (VV) gebildet. Nahe diesem letzteren tritt die Vene in die Aderhaut ein und bildet den Wirbel. Die mächtigsten Aeste des Wirbels streben den entgegengesetzten Grenzen des Quadranten zu (also der äusseren, respective der inneren langen Ciliararterie); weniger starke Aeste gehen nach vorne und hinten, die schwächigsten nach dem verticalen Meridiane hin. Der Vortex liegt also keineswegs im Mittelpunkte des Quadranten, dem er angehört. Er ist an und für sich unsymmetrisch, dagegen bildet er

ein symmetrisches Ganze mit dem anderen, zum selben Paare gehörigen Wirbel. Würde man z. B. die obere Hälfte der Aderhaut in der Mitte zwischen den beiden Vortices zusammen biegen und so die beiden Viertel auf einander legen, so würden sich die beiden Wirbel decken. Man könnte sich dieselben auch entstanden denken aus einem einzigen, mächtigen Wirbel, welcher in der Mitte entzwei geschnitten und dessen beide Hälften ein wenig auseinander gerückt wurden.

Der hier geschilderte Typus findet sich in der Natur höchst selten rein verwirklicht. Die Abweichungen von demselben rühren in der Regel davon her, dass eine oder mehrere der Wirbelvenen entweder noch ausserhalb des Auges, oder in ihrem intrascleralen Verlaufe sich theilen. Ich gehe nun daran, die Verhältnisse, wie man sie in der Wirklichkeit vorfindet, zu schildern und zwar in derselben Reihenfolge wie früher, das heisst von aussen nach innen vorgehend.

Betrachten wir zunächst die von aussen an die Sclera herantretenden Venen. Nur in ungefähr der Hälfte der Fälle waren deren wirklich nur 4 vorhanden; in den übrigen Fällen wurden 5—7 Venen vorgefunden. Die Verdoppelung betraf zumeist die innere obere Vene (Fig. 4a), welche zuweilen sogar in drei Aeste zerfiel, oder die innere untere Vene (b_1). Die beiden nach aussen vom verticalen Meridian gelegenen Venen sind viel seltener getheilt, ja die äussere obere, an der Insertionslinie des Obliquus superior liegende Vene (a_1), habe ich stets nur einfach vorgefunden. (Vergl. Fig. 3, in welcher die Eintrittsstellen der Wirbelvenen von 10 emmetropischen rechten Augen eingezeichnet sind.) Wenn eine der Venen in zwei Zweige sich theilt, rückt der eine Zweig zuweilen weit ab, so dass er selbst nahe dem Rande des Rectus internus oder externus zu liegen kommt.

Die Vortexvenen erreichen die äussere Fläche der

Sclera hinter dem Aequator des Auges. Ich fand für die Distanz der Eintrittstellen der Venen vom Hornhautrande folgende Werthe:

	Oberes Venenpaar		Unteres Venenpaar	
	Äussere Vene	Innere Vene	Äussere Vene	Innere Vene
31 emmetropische Augen	20.2	19.3	17.4	18.0
20 myopische Augen . .	20.5	19.4	17.1	17.6
4 hypermetrop. Augen .	17.6	17.4	14.9	16.4

Die Vortexvenen senken sich also beim hypermetropischen Auge näher dem Hornhautrande in die Sclera ein als beim emmetropischen, entsprechend der kürzeren Axenlänge des hypermetropischen Auges. Dagegen besteht in dieser Beziehung kein Unterschied zwischen den emmetropischen und den myopischen Augen. Daraus folgt, dass die Ausdehnung des myopischen Auges in meridionalem Sinne erst hinter der Eintrittsstelle der Wirbelvenen beginnen kann, worauf schon weiter oben hingewiesen wurde.

Auf den Aequator des Auges bezogen, verhalten sich die Eintrittstellen der Venen bei den emmetropischen Augen wie folgt:

Oberes Venenpaar	{	äussere Vene 8.2 Mm. hinter dem Aequator,
	{	innere „ 7.3 „ „ „ „
Unteres Venenpaar	{	äussere Vene 5.4 Mm. hinter dem Aequator,
	{	innere „ 6.0 „ „ „ „

Die äussere obere Vene tritt also am weitesten hinten an die Sclera heran, darauf folgen die innere obere Vene, die innere untere Vene, endlich die äussere untere Vene, welche am weitesten vorne in die Sclera eindringt. Diese Reihenfolge gilt auch für die myopischen und hypermetropischen Augen; dagegen kamen in den speciellen Fällen vielfach Ausnahmen davon vor.

Die beiden Venen, welche zusammen ein Paar bilden, treten zu beiden Seiten des verticalen Meridians in die Sclera ein. Ihre gegenseitige Entfernung beträgt 8—9 Mm. und ist durchschnittlich bei dem unteren Paare etwas grösser als bei dem oberen. Ich habe dafür folgende Mittelwerthe gefunden:

	Oberes Venenpaar	Unteres Venenpaar
Emmetrop. und hypermetrop. Augen	8.1	9.0
Myopische Augen	8.8	9.5

Bei den myopischen Augen ist also die Entfernung der beiden Venen etwas grösser, entsprechend dem grösseren Aequatorialdurchmesser dieser Augen.

Die beiden zusammengehörigen Venen liegen nicht symmetrisch zum verticalen Meridiane, sondern sind etwas nach innen verschoben, so dass die äussere Vene dem Meridiane näher liegt als die innere (Fig. 3 und 4). Am oberen Venenpaare ist diese Verschiebung bisweilen so stark, dass die äussere der beiden Venen bis in den Meridian, ja sogar noch nach innen von demselben rücken kann. Eine ungefähr symmetrische Lage zum verticalen Meridian würde dann hergestellt, wenn man denselben vom obersten und untersten Punkte des Augapfels zur Papille, statt zum hinteren Pole ziehen würde. Dem entsprechend findet man, wenn man die hintere Hälfte eines aufgeschnittenen Auges von vorne betrachtet, dass die Wirbel symmetrisch zur Papille und nicht zur macula lutea gelegen sind, das heisst, die Papille nimmt ungefähr den Mittelpunkt des Kreises ein, in welchem die Wirbel liegen. Daraus ergibt sich, dass die Chorioidea des hinteren Poles zum Ausbreitungsgebiete der beiden äusseren Wirbelvenen gehört (Fig. 8).

Die Venen durchsetzen die Sclera sehr schräge, so dass in derselben ein längerer Canal gebildet wird. Die Länge desselben schwankt nach Leber zwischen $1\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2}$ Mm. In der That kommen sehr bedeutende Variationen in dieser Beziehung vor. Wenn man aber genauer zusieht, überzeugt man sich, dass innerhalb gewisser Grenzen die Länge des Venencanals davon abhängt, an welcher Wirbelvene man ihn gemessen hat. Ich bestimmte die durchschnittliche Länge des intrascleralen Abschnittes der Wirbelvenen in einer Anzahl emmetropischer Augen und fand:

Oberes Venenpaar	}	äussere Vene 4.6 Mm.
		innere Vene 3.3 Mm.
Unteres Venenpaar	3 Mm.

Man wird sich erinnern, dass die äussere obere Wirbelvene, welche den längsten Scleralkanal besitzt, am weitesten hinten in die Sclera eintritt, nächst dieser die obere innere Vene, und dann endlich die beiden unteren Venen, welche am weitesten vorne in die Sclera eindringen. Es haben also die Venen einen um so längeren intrascleralen Verlauf, je weiter hinten sie an die Sclera herantreten. Dadurch gleicht sich dieser Unterschied wieder zum Theile aus, so dass sämtliche Venen nahezu in gleicher Höhe (im selben Parallelkreise) an der inneren Fläche der Sclera herauskommen. Nur die äussere obere Wirbelvene tritt noch ziemlich weiter hinten an der inneren Oberfläche der Sclera hervor, trotz der bedeutenden Länge ihres intrascleralen Verlaufs. Dies kommt daher, dass der Verlauf dieser Vene innerhalb der Sclera besonders stark von der Richtung des Meridians abweicht (Fig. 4).

Die beiden Venen jedes Paares schlagen innerhalb der Sclera eine divergirende Richtung ein, so dass sie sich immer mehr vom verticalen Meridiane entfernen. Es sieht so aus, als ob sie die auseinander fahrenden Zweige eines Gefässes wären. In der That beobachtet man, wenn

eine der Venen sich noch ausserhalb der Sclera in zwei oder mehrere Zweige theilt, an den einzelnen Zweigen dieselbe divergirende Richtung innerhalb der Sclera.

In Folge des Auseinanderweichens der Wirbelvenen während ihres Verlaufes durch die Sclera, liegen die je ein Paar bildenden Wirbel in der Aderhaut weiter auseinander als die Eintrittstellen der betreffenden Venen an der Aussenfläche der Sclera. Trotzdem ist auch an den Wirbelvenen die Gruppierung zu zwei Paaren nicht zu verkennen (Fig. 8). Die Distanz, welche zwei zusammengehörige Wirbel trennt, ist kaum halb so gross als die Distanz zwischen je einem oberen und unteren Wirbel. Dieser Umstand giebt sich auch durch die Form der Anastomosen zwischen den einzelnen Wirbeln kund. Zwischen je einem oberen und unteren Wirbel bilden diese Anastomosen Bogen, deren Convexität gegen die Papille sieht. Zwischen je zwei zusammengehörigen Wirbeln werden die Bogen durch Näherrücken der Wirbel zu langen Schleifen zusammengedrückt, welche nach vorne zu offen sind (Fig. 8).

Der in Fig. 8 wiedergegebene Typus mit 4 Wirbeln wird in der Wirklichkeit nur ganz ausnahmsweise gefunden. Jene Venen nämlich, welche nicht schon ausserhalb der Sclera in Zweige zerfallen sind, thun dies sehr oft innerhalb derselben, so dass man an der inneren Fläche der Sclera fast stets mehr Venen austreten sieht, als an der Aussenfläche in dieselbe eingedrungen sind. Da jede dieser Venen in der Aderhaut einen eigenen Wirbel bildet, finden wir solcher Wirbel fast niemals nur vier, sondern mehr, bis zu 10 vor. Stets kann man aber 4 Hauptwirbel unterscheiden (Fig. 9). Dieselben gleichen ganz den in Figur 8 dargestellten typischen Wirbeln; sie unterscheiden sich von denselben nur durch etwas geringere Grösse und dadurch, dass sie vom verticalen Meridian (VV) abgerückt sind. Hier haben sich nämlich

die secundären Wirbel eingeschoben, deren stärkste Aeste gewöhnlich gerade nach vorne und hinten gerichtet sind.

Der Unterschied zwischen Hauptwirbel und Nebenwirbel verräth sich auch durch die Anordnung der Venen im flachen Theile des Ciliarkörpers. Dieser ist bekanntlich von zahlreichen, parallelen Venen durchzogen. Dort, wo die Gebiete zweier Hauptwirbel zusammenstossen, weichen diese Venen zu beiden Seiten auseinander, um sich zu den betreffenden Wirbeln hinzubegeben (Leber). Dadurch entsteht ein dreieckiger, von diesen Venen freier Raum, dessen Spitze nach vorne sieht. Dieser ist in der Regel an der äusseren und inneren Seite am grössten; in demselben verlaufen die langen Ciliararterien, welche sich hier gabelig theilen. Etwas weniger breit ist er gerade nach oben und nach unten (Fig. 8 bei V), wo die Gebiete der zwei einem Paare angehörigen Wirbel aneinander stossen. Dort, wo das Gebiet eines Hauptwirbels mit dem eines kleineren Wirbels zusammen trifft, ist diese Abtheilung der Venen sehr schmal oder fehlt gänzlich.

Wenn nun auch zahlreiche Ausnahmen von dem geschilderten Verhalten vorkommen, so kann man doch im Allgemeinen Folgendes sagen: Die Wirbel in der Aderhaut haben nicht sämmtlich gleiche Dignität. Sie unterscheiden sich in Hauptwirbel und Nebenwirbel. Die Hauptwirbel sind 4 an der Zahl, je ein Paar für die obere und die untere Aderhauthälfte.

Wenn man die Fig. 8 und 9 betrachtet, so sieht man, dass die Venen des Uvealtractus, welche in den Wirbeln zusammenlaufen, zwei Gefässgebiete darstellen, welche der oberen und der unteren Hälfte des Augapfels entsprechen, jedoch durch zahlreiche Anastomosen zusammenhängen. Die venösen Gefässe jeder Aderhauthälfte documentiren sich als einheitliche Gefässgebiete durch ihre Vertheilung innerhalb der Aderhaut, sowie dadurch, dass die aus der

Aderhaut hervortretenden Stämmchen schon in der Sclera eine convergirende Richtung einschlagen, als ob sie zu einem einzigen Gefässe sich vereinigen wollten. Die von jedem der beiden Gefässgebiete herkommenden Venenstämmchen schlagen auch ausserhalb des Auges verschiedene Wege ein. Die der oberen Augenhälfte angehörigen Wirbelvenen ergiessen sich nach Gurwitsch *) direkt in die Vena ophthalm. sup., die unteren dagegen münden „entweder in die Anastomose zwischen der V. ophthalm. sup. und inf., oder in die V. ophthalm. inf. oder endlich sie bilden mitsammt den Muskelvenen und den aus der Augenhöhle zur Facialis ant. gehenden Aesten einen Zweig, welcher zur V. ophthalm. sup. verläuft.“

Eine Vereinigung der von jeder Aderhauthälfte herkommenden Wirbelvenen zu einem gemeinschaftlichen Stamme kommt beim Menschen nicht in regelmässiger Weise vor. Ich fand an einigen menschlichen Leichen, dass die beiden oberen Wirbelvenen getrennt in die Vena ophthalm. sup. sich ergossen und zwar die äussere Wirbelvene viel weiter nach hinten als die innere. Die unteren Wirbelvenen dagegen sah ich einige Male sich vereinigen, bevor sie in eine grössere Vene einmündeten. Ich habe jedoch diese Untersuchungen an zu wenig Leichen angestellt, um ein allgemein gültiges Urtheil abgeben zu können.

Bei einigen Thieren findet die Vereinigung der oberen und der unteren Wirbelvenen zu zwei Stämmchen in regelmässiger Weise statt. So nach R. Virchow beim Kaninchen **); ich habe dasselbe beim Hunde gefunden. Man könnte sich diese Art von Venenverzweigung vorstellen als die Weiterentwicklung eines noch einfacheren Typus, nach welchem nur je eine Vene das Blut aus der oberen

*) v. Graefe's Archiv XXIX. Bd., 4. Abth., p. 67.

***) Ueber die Gefässe der Chorioidea des Kaninchens. Würzburg 1881. p. 9.

und aus der unteren Aderhauthälfte abführt. Diesen Typus hat R. Virchow *) am Auge des Dorsches (*Gadus morrhua*) verwirklicht gefunden, wo das Blut aus der Aderhaut durch eine dorsale und eine ventrale Vene abfließt. Mir scheint in dieser Beziehung der Befund interessant, den ich an zwei in meinem Besitze befindlichen Menschenaugen mit *Coloboma chorioidea* (von demselben Individuum herrührend) constatiren konnte. An jedem dieser Augen tritt aus der oberen Hälfte der *Sclera* nur eine einzige starke Vortexvene hervor, welche aber noch innerhalb der *Sclera* in mehrere Zweige zerfällt.

Ich habe auch die Augen einiger Haussäugethiere (Pferd, Schaf, Schwein, Hund, Kaninchen) auf die Anordnung der Vortexvenen untersucht. Bei den genannten Thieren ist das Verhalten im Allgemeinen dasselbe wie beim Menschen. Die langen Ciliararterien verlaufen am horizontalen Meridiane. Sie scheiden das venöse Gefäßgebiet der Aderhaut in eine obere und in eine untere Hälfte. Jeder der beiden Hälften entspricht ein Paar von Wirbelvenen. Häufiger als beim Menschen kommt es vor, dass die Venen ungetheilt bis in die Aderhaut verlaufen, in welchem Falle man in jedem Quadranten einen einzigen typischen Wirbel findet. Derselbe liegt nicht wie beim Menschen excentrisch, sondern er nimmt ungefähr die Mitte des zugehörigen Quadranten ein. Infolge dessen entwickelt er sich symmetrisch und sondert nach beiden Seiten hin gleichmässig seine Aeste aus (Fig. 10 u. 11). Die Wirbelvenen treten weiter vorne als beim Menschen in die Aderhaut ein. Infolge dessen können die Aeste, in welche die Vene zerfällt, nicht lange ihre nach vorne gehende Richtung beibehalten; sie treten vielmehr alsbald nach rechts und links auseinander. Bei einigen Thieren

*) Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Auges. Berlin 1882.

(Pferd, Schaf, Hund, Kaninchen) bilden die Aeste nahe dem vorderen Rande der Aderhaut durch reichliche Anastomosen eine Art Plexus, welcher sich nach rechts und links vom Hauptstamme der Venen erstreckt (Fig. 11). Die von den Aesten der Wirbelvenen abgehenden Zweigchen biegen alsbald in eine rücklaufende Richtung um. Man könnte die Ausbreitung einer solchen Vortexvene mit einer Trauerweide und deren herabhängenden Aesten vergleichen.

Es ist bei diesen Thieren derselbe Typus festgehalten wie beim Menschen; nur die Zusammengehörigkeit der beiden oberen und unteren Wirbelvenen ist in der Configuration der Wirbel nicht ausgesprochen; jeder Wirbel bildet vielmehr für sich ein selbstständiges symmetrisches Ganzes.

B. Mikroskopische Anatomie der Wirbelvenen.

Ich beschränke mich auf die Beschreibung jenes Stückes der Wirbelvenen, welches innerhalb der Sclera liegt, sowie der unmittelbar daran angrenzenden Theile. Ueber die Ausbreitung der Wirbelvenen innerhalb der Aderhaut findet man genaue Angaben in der citirten Arbeit von Leber. Die Fortsetzung der Wirbelvenen ausserhalb des Auges bietet histologisch keine Besonderheiten dar; ihr Studium gehört der Anatomie der Orbita an.

Die Wirbelvenen durchsetzen die Sclera bald mehr, bald weniger schräge. Die Richtung des die Sclera durchbohrenden Canals ist fast niemals eine streng diagonale. Die Vene verläuft vielmehr zuerst eine Strecke weit (etwa die Hälfte des ganzen intrascleralen Verlaufes) ganz nahe unter der äusseren Oberfläche der Sclera. Dann erst nimmt sie ziemlich rasch eine nach der Tiefe strebende Richtung an und dringt diagonal durch die Sclera durch (Fig. 12). In der ersten Hälfte ihres Verlaufes wird die

Vene also nur durch die äussersten Schichten der Sclera bedeckt. Wenn die Vene stark gefüllt ist, dürfte dieser Theil derselben schon äusserlich an der Sclera als leichte Hervortreibung wahrzunehmen sein. Dieser Abschnitt der Vene ist auch eventuell einer Compression von aussen her (durch die Augenmuskeln) zugänglich.

Das Lumen des scleralen Canals, in welchem die Vene verläuft, ist nicht drehrund, sondern elliptisch. Die lange Axe der Ellipse ist der Scleralebene parallel; die Länge dieser Axe schwankt je nach dem Kaliber der Vene zwischen 0.3 und 1.8 Mm. Die Höhe des Canals beträgt oft nur den dritten bis sechsten Theil seiner Breite, so dass der Canal auf dem Querschnitte spaltförmig erscheint (Fig. 13). Diese Form rührt daher, dass der Canal vorwiegend zwischen äquatorial verlaufenden Fasern der Sclera gelegen ist. Unmittelbar vor der Ausmündung an der äusseren Scleraloberfläche wird das Lumen des Canals mehr rund. An der Ausmündungsstelle selbst endigt die äussere Wand des Canales mit einem halbmondförmigen, nach hinten concaven Rande; die innere Wand setzt sich in eine Halbrinne fort, welche man noch eine Strecke weit auf der äusseren Oberfläche der Sclera verfolgen kann. — An der inneren Ausmündung der Vene existirt ebenfalls eine solche, wenn auch viel kürzere Halbrinne, in welche sich der Scleralcanal fortsetzt. Auch hier hören die sehr bedeutend zugeschärften inneren Lagen der Sclera mit einem halbmondförmigen, ausgeschnittenen Rand auf (Fig. 12 d). Wedl*) hat denselben als „mond-sichelartige Klappe“ beschrieben. In Wirklichkeit handelt es sich aber nicht um eine Klappe, das heisst, nicht um etwas Auf- oder Zuklappbares, sondern einfach um einen zugeschärften concaven Rand, wie er nothwendig entstehen

*) Abhandlungen aus dem Gebiete der praktischen Augenheilkunde von v. Stellwag. Wien 1882. p. 139.

muss, wenn ein Canal mit elliptischem Lumen die Sclera sehr schräg durchsetzt. Der zugeschärfte Rand der Sclera dient als Ansatzpunkt für die Lamellen der Suprachorioidea; zuweilen schien es mir, als ob diese theilweise direct aus den Sclerallamellen hervorgingen.*)

Die Vortexvene, welche durch den geschilderten Canal das Auge verlässt, beginnt in der Chorioidea mit einer Art von venösem Sinus (Fig. 12e). Derselbe entsteht durch den Zusammenfluss zahlreicher Aderhautvenen in einem Punkte. Der so gebildete Blutraum hat oft $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mm. Breite. An albinotischen Augen, wo die Aderhautvenen mit dem Augenspiegel sichtbar sind, erscheint dieser Sinus ophthalmoskopisch als ein grosser rother Fleck, einer grossen Haemorrhagie nicht unähnlich (Fig. 15). Ueber dem Sinus fehlt die Schichte der mittleren Gefässe (Sattler); es folgt somit auf denselben nach innen sofort die Choriocapillaris, welche nur durch 2—3 Lagen der bekannten, pigmentirten, elastischen Netzwerke von dem Sinus getrennt ist. — Ebenso findet man zwischen dem Sinus und der Sclera die Lamellen der Suprachorioidea (und Lamina fusca) auf zwei bis drei reducirt. Wenn man die Aderhaut von der Sclera abzieht, bleibt daher die Stelle, wo ein Vortex auf der Sclera lag, als heller Raum auf dem bräunlichen Grunde (Sclera bedeckt von Lamina fusca) ausgespart.

Aus dem Sinus entsteht nun die Vene, welche in die Sclera eindringt. Fig. 16 zeigt, welche beträchtliche Verengerung des Lumens die Vene beim Uebergange vom Sinus (b) in die Sclera erfährt. In dem in Fig. 16 dargestellten Falle vereinigen sich die von drei Wirbeln (a) herkommenden Venen (c) kurz vor dem Austritte aus der

*) Beim Schweine gehen von dem zugeschärfen Rande der inneren Sclerallippe bindegewebige Lamellen auf die innere Wand des venösen Sinus über, und helfen dieselbe verstärken. Beim Menschen habe ich dies nur ganz ausnahmsweise angetroffen.

Sclera (d) zu einem gemeinschaftlichen Stamme. Dieser letztere erreicht erst wieder ein Kaliber, welches dem Sinus der mittleren Wirbelvene (b) etwa gleich kommt.

Um den Uebergang des Sinus der Wirbelvenen in den intrascleralen Theil derselben an Flächenpräparaten zur Anschauung zu bringen, darf man nicht wie gewöhnlich die Aderhaut von der Sclera abziehen, weil dabei die Wirbelvenen abgerissen werden. Es empfiehlt sich vielmehr, Aderhaut und Sclera von vorher injicirten Augen im Zusammenhange durch Terpentin aufzuhellen. Man kann an solchen Präparaten, denen auch Fig. 16 entnommen wurde, die Venen auf ihrem ganzen Verlaufe durch die Sclera verfolgen.

Aus dem Sinus entwickelt sich die bandförmige Vene, welche in den Scleralcanal eintritt. Erst im äussersten Theile dieses letzteren (manchmal erst an der Mündung selbst) ändert die Vene ihre Form, indem sie drehrund wird. Die Wandung der Vene bietet folgende Eigenthümlichkeiten dar: Am Sinus ist dieselbe an der inneren (der Choriocapillaris zugewendeten) Seite viel mächtiger als an der äusseren, der Sclera anliegenden (Fig. 12 und 17 d und e). An ersterer Stelle misst die Gefässwand durchschnittlich 0.02, an letzterer aber nur 0.004—0.008 Mm. an Dicke. Es ist möglich, dass die äussere Wand deshalb dünner ist, weil sie durch die Sclera unterstützt und dadurch vor Ausdehnung bewahrt wird, was an der inneren Seite der Vene nicht der Fall ist. Ausnahmsweise sieht man, dass sich diese Verschiedenheit in der Wandstärke noch in die Anfangsstücke jener Aderhautvenen fortsetzt, welche den Wirbel bilden. Dagegen gelingt es regelmässig, dieses Verhältniss der Wanddicke noch in einem Theile des intrascleralen Stückes der Vene nachzuweisen, gewöhnlich bis etwa zur Mitte desselben. Von dort angefangen, bekommt die Vene eine nach allen Seiten hin gleich dünne (0.004—0.006 Mm. messende) Wand. Dies bleibt so bis kurz vor der Ausmündung der Vene. Da

verdickt sich die Wand derselben plötzlich im ganzen Umfange (Fig. 12f). Sie erhält einen Dickendurchmesser von 0.02—0.06, also ungefähr das Zehnfache von dem, was sie unmittelbar vorher mass. Diese Dicke behält die Venenwand auch ausserhalb der Sclera.

Zuweilen kommt es vor, dass die Ungleichheit zwischen äusserer und innerer Wand, welche zuerst am Sinus auftritt, sich sehr weit in den Scleralcanal hinein erstreckt. Dann fällt jenes Stück, wo die Wand allseitig dünn ist, gänzlich fort.

Die Schwankungen in der Dicke der Venenwandung kommen auf Rechnung der bindegewebigen Tunica media. Dort, wo sich am Ende des intrascleralen Verlaufes die Wandung plötzlich verdickt, treten als neues Element glatte Muskelfasern in der Media auf. Die meisten derselben sind der Längsaxe des Gefässes parallel und stehen theils einzeln, theils zu kleinen Gruppen vereinigt. Ausserdem findet man vereinzelt auch ringförmig um das Gefäss verlaufende Muskelzellen. Die Adventitia der Vene wird durch die Lamellen repräsentirt, welche von der Suprachorioidea sich abzweigen und das Gefäss auf seinem Verlaufe durch die Sclera begleiten. Davon soll jetzt des Näheren die Rede sein.

Zwischen der Wandung des Scleralcanales und der Venenwand bleibt ein freier Zwischenraum (c in Fig. 13, 14 und 17). Es ist der zuerst von Schwalbe beschriebene Lymphraum, welcher den perichorioidealen Raum mit dem Tenon'schen Raum in Verbindung setzt. Axel Key und Retzius haben eine trichterförmige Fortsetzung der Lamellen der Suprachorioidea in diesen Raum hinein verfolgt.*) Diese Lamellen zweigen sich dort von der

*) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, 1. Hälfte. Stockholm 1875. p. 209.

Suprachorioidea ab, wo die Vene in den Canal eintritt. An der hinteren Seite der Vene dringen mehr (4—5) Lamellen in den Lymphraum ein, als an der vorderen. Innerhalb desselben nehmen sie im Allgemeinen eine zum Gefässe concentrische Lagerung ein. Zahlreiche, schräg ziehende Brücken verbinden die einzelnen Lamellen unter einander sowie mit der Oberfläche der Vene und der Wand des Scleralcanals (Fig. 13 und 14). In Folge dessen findet man oft auf der Oberfläche dieser beiden die flachen Pigmentzellen der Suprachorioidea aufgelagert. An Stellen, wo der Wand des Scleralcanals keine suprachorioidealen Lamellen anliegen, ist sie von Endothelkernen besetzt. Es handelt sich hier ohne Zweifel um eine Fortsetzung jenes Endothelbelages, welchen Schwalbe an der inneren Oberfläche der Sclera nachgewiesen hat.

Die den Lymphraum erfüllenden Lamellen zeigen denselben Bau, wie die Lamellen der Suprachorioidea selbst. Ihre Structur ändert sich erst an jener Stelle, wo — nahe der äusseren Ausmündung der Vene — die Venenwandung plötzlich sich verdickt (Fig. 12 f); an dieser Stelle gehen nämlich die suprachorioidealen Lamellen in die Adventitia des Gefässes über. Sie haben schon kurz vorher die meisten ihrer Pigmentzellen verloren; einzelne Pigmentzellen jedoch findet man noch in der Adventitia der Vene bis zur Austrittsstelle aus der Sclera und selbst noch darüber hinaus, wodurch sich die Adventitia als Fortsetzung der suprachorioidealen Hülle documentirt.

Auf welche Weise ist die Vene innerhalb des Scleralcanales fixirt? Der Scleralcanal nimmt im Allgemeinen seinen Weg zwischen äquatorial verlaufenden Fasern, woher auch sein spaltförmiges Lumen rührt. An jeder der beiden Schmalseiten der Vene verläuft aber ein Bündel von Längsfasern (meridionalen Fasern), welche die Vene in ihrem ganzen Verlaufe begleiten (Fig. 13, 14 und 17 b). Dieselben schieben sich zu beiden Seiten zwischen die

äquatorialen Fasern ein, andererseits stehen sie mit der Venenwand in inniger Verbindung. Ich werde die der Vene zunächst liegenden Längsfaserzüge, durch welche dieselbe wie durch eine Art doppelten Mesenteriums zu beiden Seiten fixirt wird, die seitlichen Anheftungen der Vene nennen (Fig. 13 dd₁, Fig. 17).

Die Längsfasern sind in wechselnder Stärke vorhanden, welche nicht von dem Kaliber der Vene abhängt. Ihr Querschnitt stellt zumeist ein Dreieck dar, dessen Basis gegen die Vene zugekehrt ist (Fig. 14). Zwischen die einzelnen Theilbündel schieben sich schmale Züge äquatorialer Fasern ein. Die der Vene zunächst liegenden Bündel passen sich der Form der Vene an. Sie erscheinen auf dem Querschnitte als Dreiecke oder vielmehr als Menisken, deren concave Seite der Vene zusieht (Fig. 17b₁). Die beiden Ecken sind spitz ausgezogen und setzen sich bei den unmittelbar an der Venenwand liegenden Bündeln in die äussersten Bindegewebslagen der Gefäßshaut fort; bei den weiter weg liegenden Bündeln (Fig. 17b) gehen sie in die suprachorioidealen Lamellen über, welche den Lymphraum ausfüllen. Durch Verwebung der äquatorialen mit den meridionalen Fasern und mit den suprachorioidealen Lamellen entsteht ein lockeres Gewebe, eine Art Maschenwerk zu beiden Seiten der Vene. Dasselbe fiel mir besonders auf in einigen Fällen, wo eine innigere Verbindung mit der Venenwand selbst fehlte; da waren die beiden Winkel des Scleralcanals von einem Maschenwerk ausgefüllt, welches auf dem Querschnitte an das Ligamentum pectinatum iridis erinnerte (Fig. 14).

Die seitlichen Längsfaserzüge werden um so mächtiger, je mehr man die Vene nach aussen verfolgt. In der äusseren Hälfte ihres intrascleralen Verlaufes pflegt die Venenwand dort, wo die Längsfasern sich an sie anheften, bedeutend dicker zu sein, als im übrigen Umkreise. Man kann diese Faserzüge auch noch ausserhalb des

Auges an der Vene nachweisen als zwei zu beiden Seiten verlaufende beträchtliche Verdickungen der Adventitia.

Die Längsfaserzüge enthalten ebenso wie die suprachorioidealen Lamellen verzweigte Pigmentzellen, zuweilen in reichlicher Menge. In einzelnen Fällen findet man eine kleine Arterie oder einen kleinen Nerven, welche, in diese Art von Mesenterium eingeschaltet, die Vene begleiten (Fig. 13d₁). Dort, wo zwei Wirbelvenen innerhalb der Sclera zu einem einzigen Stamme sich vereinigen, verschmelzen vorher die beiden einander zugewendeten Längsfaserzüge miteinander, um unmittelbar vor der Vereinigungsstelle der Vene zu verschwinden.

Die seitlichen Anheftungen zeigen sowohl in Bezug auf ihre Mächtigkeit und Anordnung, als in Bezug auf ihre Verbindung mit der Vene grosse Veränderlichkeit. Nicht selten fehlt diese Befestigung der Vene streckenweise auf einer oder selbst auf beiden Seiten. Dies wird besonders dort öfters gefunden, wo die Vene mit einer ihrer Breitseiten an die Wand des Scleralcanals angeheftet ist (Fig. 14).

Nach der gegebenen Schilderung umgibt der Lymphraum die Vene ringsum wie ein Mantel. Die beiden seitlichen Anheftungen scheiden diesen mantelförmigen Raum in zwei Abtheilungen, eine innere und eine äussere (Fig. 13), welche sich an den beiden Enden des intrascleralen Venenstückes vereinigen. Dieser Typus ist jedoch nur in wenigen Fällen rein verwirklicht. Es wurde oben erwähnt, dass in der Regel an der inneren (hinteren) Seite mehr Lamellen der Suprachorioidea mit der Vene in die Sclera eintreten als an der äusseren. Dem entsprechend ist der Lymphraum meist an der äusseren Seite etwas weniger geräumig. Sehr oft verschwindet er daselbst gänzlich, indem die äussere Wand der Vene mit der Wand des Scleralcanals verwächst (Fig. 12 und 14). Die Verwachsung kann zu beiden Seiten bis an die seitlichen Anheftungen der Vene herangehen, so dass die äussere

Abtheilung des Lymphraumes dann vollständig obliterirt ist. Meist ist dies jedoch nicht der Fall, indem beiderseits noch ein schmales Lumen zwischen der Verwachsungsstelle und den seitlichen Anheftungen frei bleibt. Zuweilen fehlen übrigens an solchen Stellen, wo die Vene mit der Sclera verwachsen ist, die seitlichen Anheftungen ganz, wie Fig. 14 zeigt. — Die einseitige Obliteration des Lymphraumes kann auf weite Strecken hin bestehen, wie in Fig. 12, wo sie fast in der ganzen Länge des intrascleralen Verlaufes der Vene vorhanden ist. Ich habe diese Verwachsungen in der Regel an der äusseren, viel seltener an der inneren Seite der Vene vorgefunden. In einigen Fällen existirte sie streckenweise an beiden Seiten, so dass der Lymphraum auf eine ganz schmale Spalte zunächst den seitlichen Anheftungen reducirt war.

Die streckenweise Obliteration des Lymphraumes kann nur erschwerend auf die Circulation der Lymphe wirken. Wenn die Anwachsung der Vene an die Sclera an einer Stelle bis zu den seitlichen Anheftungen der Vene hererreicht, wird dadurch der Lymphraum an der betreffenden Seite ganz verschlossen. Die Lymphe müsste sich vor diesem Hinderniss anstauen, vorausgesetzt, dass die seitlichen Anheftungen für die Lymphe undurchgängig sind. Das ist nun wahrscheinlich nicht der Fall, doch dürfte sicherlich der Durchtritt der Lymphe (besonders etwa vorhandener körperlicher Elemente in derselben) durch die seitlichen Anheftungen nur langsam vor sich gehen. Die streckenweise Obliteration des Lymphraumes verursacht also auf jeden Fall eine Verlangsamung des Lymphstromes.

Die Resultate, welche Schwalbe bei seinen Injectionen des perichorioidealen Lymphraumes erhielt, erklären sich durch die angegebenen anatomischen Verhältnisse. Schwalbe giebt an, dass der Lymphraum das spaltförmige Lumen der Vene allseitig umgibt. „Nur

kurz vor dem Uebertritte auf die Oberfläche des Augapfels wird der Befund ein anderer, indem man nun den Querschnitt der Vene und des mit der Injectionsmasse angefüllten Canals neben einander findet und zwar so, dass der der Vene am weitesten nach aussen liegt. Dieser Befund entspricht den Erscheinungen, die wir während der Injection an der Ausflusstelle wahrnehmen, wo wir sehen, dass die Injectionsflüssigkeit unter und hinter der Vene hervorquillt.)* An der äusseren (vorderen) Seite der Vene war die Injectionsflüssigkeit offenbar durch die Obliteration des Lymphraumes am Austritt verhindert worden.

C. Verhältniss der Wirbelvenen zu den Augenmuskeln.

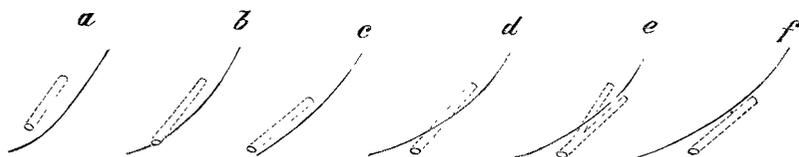
Das Studium dieses Verhältnisses bildete den Ausgangspunkt dieser Arbeit. Ich stellte mir die Frage, ob irgend einer der Augenmuskeln im Stande wäre, beständig oder bei gewissen Stellungen des Auges auf eine der Wirbelvenen zu drücken, dort wo sie das Auge verlässt.

Betrachten wir zunächst die vier Recti. Von diesen kommt der R. externus und internus, in deren Bereich niemals eine Wirbelvene liegt, nicht in Betracht. Der R. superior und inferior liegt so, dass die Austrittsstellen der Venen ungefähr den Rändern dieser Muskeln entsprechen und allenfalls auch unter die Muskeln fallen können. Dennoch kann durch keinen dieser beiden Muskeln ein Druck auf die Venen ausgeübt werden, da diese letzteren viel zu weit rückwärts liegen. Ich erinnere daran, dass die Venen an der oberen Seite 7—8 Mm., an der unteren Seite 5—6 Mm. hinter dem Aequator hervorkommen. An dieser Stelle liegt stets schon eine nicht unbeträchtliche Schichte orbitalen Fettgewebes zwischen

*) Archiv für mikroskopische Anatomie VI. Bd., p. 35.

den geraden Augenmuskeln und der Sclera. Zwischen den R. superior und die Sclera ist überdies noch die fächerförmige Ausbreitung der Sehne des Obliquus superior eingeschaltet. Bei starker Hebung oder Senkung des Blicks legen sich die beiden Muskeln in grösserer Ausdehnung an den Bulbus an, wobei der vordere Rand des Fettgewebes entsprechend zurückweicht. Dies geschieht jedoch, soviel ich an den in situ präparirten Augen gesehen habe, nie bis zu dem Grade, dass der Muskel unmittelbar auf die Austrittsstelle der Vene zu liegen käme. Beim R. superior, welcher sich von allen Augenmuskeln am weitesten hinten an die Sclera inserirt, wäre dies noch am ehesten möglich, wenn nicht auch gleichzeitig die Venen der oberen Augenhälfte besonders weit nach rückwärts die Sclera verlassen würden. Auf diese Weise wird also ein directer Contact des Muskelbauches mit den Austrittsstellen der Wirbelvenen vermieden.

Anders verhalten sich die schiefen Augenmuskeln. Die Sehne des Obl. superior, der Muskelbauch des Obl. inferior schmiegen sich auf grössere Strecken der Peripherie des Augapfels an und zwar gerade in der Gegend des Aequators.



Betrachten wir zunächst die fächerförmig endende Sehne des Obl. sup. Eine der Vortexvenen, die äussere obere (Fig. 4 a₁) tritt stets in der Nähe der Insertionslinie des Obl. sup. aus der Sclera hervor. Das Verhältniss, in welchem die Vene zur Sehne steht, ist verschieden (s. obigen Holzschnitt). In einigen Fällen tritt die Vene oberhalb der Insertionslinie aus der Sclera her-

vor (a). Dann liegt die Vene eine Strecke weit unter der Sehne, zwischen deren Fasern sie weiter hinten hindurch tritt. In dieser ganzen Strecke ist sie einer Compression durch die Sehne ausgesetzt. In anderen Fällen tritt die Vene unmittelbar in der Insertionslinie selbst (b) oder an deren unterem Ende (c) zu Tage. Auch in diesen Fällen kann die Vene comprimirt werden, sei es dort, wo sie aus der Sclera hervorkommt, sei es im hintersten Theile ihres intrascleralen Verlaufes. Hier ist sie nämlich, wie wir wissen, auf eine längere Strecke hin nur von einer ganz dünnen Lage von Scleralgewebe bedeckt, welches sich vorwölben dürfte, wenn die Vene stark gefüllt ist (vergl. Fig. 12). In einer dritten Reihe von Fällen endlich kommt die Vene erst hinter der Insertionslinie des Obl. sup. aus der Sclera hervor. Es liegt dann ihr intrascleraler Antheil nur zum Theile (d und e) oder gar nicht (f) unter der Sehne. In diesen Fällen ist also die Sehne nicht im Stande, einen Druck auf die Vene auszuüben.*)

Bei den von mir untersuchten Augen gestaltet sich das Verhältniss der äusseren oberen Wirbelvene zur Obliquussehne folgendermassen: Von den 34 emmetropischen und hypermetropischen Augen boten 8 (23 pCt.) eine solche Ausmündung der Vene dar, dass dieselbe gedrückt werden konnte (entsprechend a, b und c); bei 27 (77 pCt.) dagegen lag die Ausmündung der Vene hinter der Sehne (d, e, f). Bei 22 kurzsichtigen Augen war das Verhältniss ungefähr umgekehrt; bei 16 Augen (73 pCt.)

*) In dem in d dargestellten Falle wäre übrigens eine Einwirkung der Sehne auf die Vene nicht ganz unmöglich. Die Fasern der Obliquussehne senken sich zwischen den meridional verlaufenden Scleralfasern in die Tiefe; noch auf eine längere Strecke hin sind sie als ein gesondertes Bündel äquatorial ziehender Fasern kenntlich. Dieses Bündel lagert der äusseren (vorderen) Wand des Scleralcanals der Vene ganz knapp auf.

konnte die Vene gedrückt werden, bei 6 (27 pCt.) war dies nicht der Fall.

Die innere der beiden oberen Wirbelvenen (Fig. 4 a) wird, wie man sich durch die Präparation der Augen in situ überzeugen kann, nur sehr selten von der Sehne bedeckt. Ich habe nur an 5 (nicht kurzsichtigen) Augen die innere obere Wirbelvene so gelegen gefunden, dass sie von der Sehne bedeckt werden konnte.

Der Obliquus inf. zieht, nur wenig sich verschmälernd, von seiner hinten-aussen gelegenen scleralen Anheftungsstelle nach innen und vorne. Er liegt auf der Sclera bis zum äusseren Rande des Rectus inf., welcher sich zwischen den Obliquus und die Sclera einschiebt. Unmittelbar neben dem Rande des Rectus inf. würde der Obl. inf. hohl liegen, wenn nicht etwas Fettgewebe diesen leeren Raum ausfüllen würde. Die äussere Wirbelvene tritt entweder am Rande dieses Fettgewebes oder (häufiger) nach aussen davon aus der Sclera hervor. Sie liegt also unmittelbar unter dem Muskelbauche des Obl. inf., welcher sie von ihrer Austrittsstelle angefangen noch in der Ausdehnung von 2—3 Mm. nach hinten zu bedecken pflegt. Selbst wenn ich das in situ präparierte Auge sehr stark nach innen wendete, wobei der hintere Rand des Obl. inf. sich am Augapfel nach vorne verschiebt, blieb die Austrittsstelle der Vene noch immer vom Muskel bedeckt. Dieses Lageverhältniss, vermöge dessen die äussere untere Wirbelvene unter den Obl. inf. zu liegen kam, kehrte an sämtlichen, von mir untersuchten Augen wieder. — Noch weiter nach innen liegt der Obl. inf. schon so weit nach vorne, dass die innere der beiden unteren Wirbelvenen niemals von diesem Muskel bedeckt werden kann.

Aus dem Gesagten ergibt sich Folgendes: Von den 4 Wirbelvenen sind die beiden äusseren einer Compression durch die schiefen Augenmuskeln ausgesetzt. Bei der

äusseren unteren Wirbelvene ist dies stets, bei der äusseren oberen oft der Fall. Diese Compression ist nicht bloss nach der relativen Lage der Theile denkbar, sondern sie erfolgt in der That, wie ich aus folgender Beobachtung schliesse. An einem Auge, welches ich in situ präparirte, trat die äussere obere Wirbelvene oberhalb der Insertion des Obl. sup. aus der Sclera hervor (a in dem Holzschnitte auf Seite 42). Diese Vene war ebenso wie die übrigen Wirbelvenen dieses Auges von flüssigem Blute erfüllt. Ein leiser Zug an der Obliquussehne genügte, um jenes Stück der Vene, welches unter der Sehne lag, vollständig blutleer zu machen. Das Blut wurde in jenen Theil der Vene getrieben, welcher nicht mehr unter der Sehne lag. Beim Nachlassen des Zuges trat das Blut wieder in das Anfangsstück der Vene zurück. Auf diese Weise konnte man das Experiment beliebig oft wiederholen. Dasselbe gelang auch, wenn man, anstatt an der Sehne zu ziehen, den Bulbus ein wenig nach innen drehte, wobei die Sehne passiv angespannt wurde.

Es ist kein Zweifel, dass während des Lebens die gleiche Einwirkung der schiefen Augenmuskeln auf die Wirbelvenen stattfindet. Es resultirt daraus eine Begünstigung des Blutabflusses aus dem Auge. Bei den steten Bewegungen des Auges sind die schiefen Augenmuskeln bald angespannt, bald erschlafft. In letzterem Falle kann sich der darunter liegende Abschnitt der Vene leicht mit dem Blute füllen, das aus dem Auge heraus kommt. Bei Anspannung des Muskels wird die stark gefüllte Vene comprimirt und das Blut aus ihr hinaus getrieben. Dasselbe nimmt natürlich seinen Weg nicht in's Auge zurück, wo der Druck zu hoch ist, sondern in die centrale Fortsetzung der Vene. Bei Erschlaffung des Muskels ist die collabirte Vene bereit, wieder eine neue Quantität Blut in sich aufzunehmen. — Der Blutdruck in den Aderhautvenen ist ungefähr dem intraoculären

Drucke gleich und daher stark genug, um das Blut auch dann aus dem Auge zu treiben, wenn die Austrittsstelle der Wirbelvene durch den Muskel gedrückt wird. Dadurch wird eine Intermittenz im Blutabflusse vermieden. Dennoch kann es nicht ohne günstige Rückwirkung auf den Blutabfluss sein, wenn die Weiterschaffung des Blutes aus dem extraoculären Theil der Vene in gehöriger Weise vor sich geht, weil dadurch die Druckdifferenz zwischen dem intra- und extraoculären Venenabschnitte vergrößert wird. Darin scheint mir der begünstigende Einfluss der Contractionen der schiefen Augenmuskeln auf die intraoculäre Circulation zu liegen. Für die Circulation in den Körpervenen (namentlich der Extremitäten) sind die Muskelcontractionen als ein wichtiger Factor anerkannt; ganz dasselbe gilt auch für das Auge.

Während abwechselnde Contractionen der verschiedenen Muskeln die venöse Circulation befördert, wird dieselbe durch andauernde Contraction eines und desselben Muskels beeinträchtigt. Ich erinnere z. B. an die Venenerweiterungen an den Beinen in Folge vielen Stehens. In gleicher Weise muss lang dauernde Anspannung der schiefen Augenmuskeln einen hemmenden Einfluss auf den Blutabfluss aus dem Auge äussern. Wenn der extraoculare Theil einzelner Wirbelvenen constant zusammengedrückt wird, so muss daraus eine Erhöhung des Blutdrucks in dem intraocularen Ausbreitungsgebiete dieser Venen folgen.

Fragen wir uns nun, welche Stellung des Auges einer Compression der Wirbelvenen durch die schiefen Augenmuskeln am günstigsten ist und in welchen Stellungen das Auge durch längere Zeit zu verharren pflegt.

Die günstigsten Bedingungen für die Compression der Wirbelvenen sind gegeben, wenn 1. der Muskel (resp. die Sehne) in grösserer Ausdehnung an die Sclera sich anlegt und 2. wenn der Muskel angespannt ist, wie dies bei der

activen Contraction desselben der Fall ist. — Wenn der Muskel sich contrahirt und das Auge seinem Zuge folgt, so ist zwar der Muskel gespannt, rollt sich aber gleichzeitig von der Sclera ab. Beide Bedingungen zugleich werden dann erfüllt, wenn der Muskel sich contrahirt, während das Auge in entgegengesetztem Sinne sich bewegt. Man hat dann gleichzeitig active und passive Anspannung des Muskels und Aufrollung desselben auf die Sclera. Dieser Fall tritt für die beiden schiefen Augenmuskeln dann ein, wenn die Augen nach innen und gleichzeitig nach abwärts gewendet werden. Indem die hintere Augenhälfte nach aussen weicht, schmiegen sich die beiden schiefen Augenmuskeln inniger an die Sclera an. Der Obl. sup. ist contrahirt, um das Auge nach abwärts zu wenden. Der Obl. inf. ist ebenfalls contrahirt, um den verticalen Meridian senkrecht zu stellen. Nach dem Listing'schen Gesetze sollten nämlich beim Convergiiren und Abwärtssehen die verticalen Meridiane mit ihren oberen Enden convergiiren. Wir wissen aber, dass dieselben bei dieser Stellung thatsächlich parallel stehen. Das ist die Folge einer compensirenden Raddrehung des Auges, welche durch eine Contraction des Obl. inf. bewirkt wird. — Bei Convergenz mit gleichzeitiger Senkung der Gesichtslinien sind also die beiden äusseren Wirbelvenen am meisten der Compression ausgesetzt. Diese Stellung ist gleichzeitig die einzige, welche — bei gewissen Beschäftigungen — andauernd und in gleichförmiger Weise eingehalten wird. Dieselbe ist daher im Stande, auf die venöse Circulation in der Aderhaut einen beeinträchtigenden Einfluss auszuüben.

Entstehung der Myopie. Es liegt nahe, die besprochenen Circulationsverhältnisse mit der Entstehung der Myopie in Zusammenhang zu bringen. Die erworbene Myopie ist die Folge fortgesetzter Nahearbeit, wobei die Augen convergiiren und etwas nach abwärts gewendet sind. Dabei ist die äussere untere Wirbelvene einer andauernden

Compression an ihrer Austrittsstelle aus der Sclera ausgesetzt. Auch bezüglich der äusseren oberen Wirbelvene liegen die anatomischen Verhältnisse in myopischen Augen günstiger für eine Compression derselben als in emmetropischen Augen. In 73 pCt. der von mir untersuchten myopischen Augen lag die Austrittsstelle der äusseren oberen Wirbelvene so, dass sie durch die Sehne des Obl. sup. gedrückt werden konnte. — Die Compression, welche die Austrittsstelle einer oder zweier Wirbelvenen betrifft, kann bei längerer Dauer Circulationsstörungen im Verbreitungsbezirke dieser Venen zur Folge haben. Zu dem Verbreitungsbezirk der beiden äusseren Wirbelvenen gehört auch die Aderhaut des hinteren Augenpoles (siehe Seite 26). Wir wissen, dass Hyperämie dieser Aderhautregion eine der häufigsten Erscheinungen bei progressiver Myopie ist. Nach der Ansicht Vieler ist dieselbe sogar die Ursache der Erweiterung und Ausdehnung der Sclera. — In einigen Fällen progressiver Myopie, wo die geringe Pigmentirung des Augenhintergrundes die Wirbel in der Aderhaut mit dem Augenspiegel zu sehen erlaubte, schien es mir, als ob die Sinus der beiden äusseren Wirbelvenen besonders gross und gefüllt wären (Fig. 15 a). Diese Beobachtungen sind jedoch noch zu wenig zahlreich, um einen bestimmten Schluss zu erlauben. — Noch eine andere Thatsache scheint mir auf häufige Circulationsstörungen im Gebiete der beiden äusseren Vortexvenen hinzuweisen. Man begegnet in emmetropischen Augen älterer Individuen, noch häufiger aber in myopischen Augen Pigmentveränderungen in der Peripherie der Aderhaut. Dieselben bestehen entweder in dunkleren Flecken oder häufiger in atrophischen Plaques. Bei den letzteren weist die anatomische Untersuchung entweder nur den Verlust des Pigmentepithels nach, oder es fehlt auch noch die Capillarschichte und nicht selten ist die Netzhaut an diesen

Stellen mit der Aderhaut verwachsen. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung fand ich diese Pigmentveränderungen vorwiegend in der äusseren Aderhauthälfte. An den Augen, welche ich zum Zwecke dieser Arbeit anatomisch untersuchte, traf ich dieselben 10 Mal an und zwar in sämtlichen 10 Augen in der äusseren Hälfte der Aderhaut.

Gegen die Rolle der Wirbelvenen bei der Entstehung der Myopie spricht, dass man keine Erweiterung derselben in myopischen Augen nachweisen kann. Ich habe zu diesem Zwecke zahlreiche Längs- und Querschnitte durch die Wirbelvenen emmetropischer und myopischer Augen gemacht. Ich konnte aber weder an den beiden äusseren Wirbelvenen, noch an den sie beherbergenden Scleralcanälen eine Erweiterung in myopischen Augen mit Sicherheit constatiren. Ebensowenig waren im Verästelungsgebiete der beiden äusseren Wirbelvenen innerhalb der Aderhaut Zeichen von Gefässausdehnung zu finden.

Es muss also dahin gestellt bleiben, ob der Compression der Wirbelvenen wirklich eine Bedeutung für die Entstehung der Myopie zukommt. Auf jeden Fall scheint mir der Rath begründet, welchen man Kurzsichtigen zu geben pflegt: Nicht anhaltend zu arbeiten, sondern häufig die Augen von der Arbeit ab, fernen Gegenständen zuzuwenden. Hierbei wird nicht bloss die Accomodation entspannt, sondern durch die abwechselnde Contraction verschiedener Augenmuskeln auch die Circulation in den Wirbelvenen befördert.

III. Arterien und Nerven der Aderhaut.

Ich theile bezüglich derselben einige Details mit, welche ich bei Gelegenheit der obigen Untersuchungen feststellte. — Betreffs der langen hinteren Ciliararterien äussert sich Leber*): „Die zwei langen hin-

*) l. c. p. 305.

teren Ciliararterien durchbohren die Sclera ungefähr im horizontalen Meridian des Auges, auf dessen äusserer und innerer Seite, etwas nach vorne von dem Durchtritt der kurzen Ciliararterien. Abweichend von den letzteren haben sie einen äusserst schrägen Verlauf durch die Sclera hindurch, indem sie in derselben einen Canal bilden, dessen inneres Ende sich $3\frac{1}{4}$ —4 Mm. weiter nach vorne liegend fand als das äussere."

Ich mass an den von mir untersuchten Augen zunächst die Distanz zwischen dem Punkte, wo die lange Ciliararterie in die Sclera eintritt und der äusseren Sehnervenscheide. Diese Entfernung ist bedeutenden Variationen unterworfen; sie schwankt zwischen $1\frac{1}{2}$ und $5\frac{3}{4}$ Mm., in myopischen Augen bis zu $7\frac{1}{4}$ Mm. Sie betrug im Durchschnitte an den emmetropischen Augen für die äussere der beiden Ciliararterien 3.9 Mm., für die innere 3.6 Mm. Die innere Arterie liegt also dem Sehnerven etwas näher. Bei kurzsichtigen Augen ist in Folge der Ausdehnung des hinteren Augenabschnittes die Durchschnittdistanz zwischen Eintrittsstelle der Arterie und Sehnervenscheide etwas grösser; sie beträgt für die äussere Arterie 4.3 Mm., für die innere 4.2 Mm. Es ist auffallend, dass bei den kurzsichtigen Augen der Unterschied in der Distanz der beiden Ciliararterien vom Sehnerven geringer ist als bei den emmetropischen Augen, während man gerade das Gegentheil erwarten sollte, da ja die Ausdehnung der Sclera sich zuerst an der äusseren Seite der Papille geltend macht.

Die Arterie durchsetzt, ähnlich den Wirbelvenen, die Sclera sehr schräge. Die Länge des intrascleralen Abschnittes der Arterie schwankte zwischen 3 und 7 Mm.; im Mittel beträgt sie 3.8 Mm. An der inneren Oberfläche der Sclera setzt sich der für die Arterie bestimmte Scleralcanal in eine längere Halbrinne fort. In der Mehrzahl der Fälle liegen die beiden Arterien so ziemlich genau

im horizontalen Meridian des Auges. Die äussere lange Ciliararterie kommt dadurch zum Theil in den Bereich der Insertion des Obliquus inf. zu liegen. (Fig. 4c.) Die vordere Hälfte bis $\frac{2}{3}$ des intrascleralen Theils der Arterie liegt entweder gerade innerhalb der Insertionslinie, oder ein klein wenig unterhalb oder oberhalb derselben. Da die Arterie anfangs ganz oberflächlich unter der Sclera liegt, könnte man an eine Compression der Arterie durch die Sehne denken. Doch dürfte derselben mit Rücksicht auf den in der Arterie herrschenden Blutdruck keine nennenswerthe Wirkung zuzuschreiben sein.

Jede der beiden langen Ciliararterien ist von einem Ciliarnerven begleitet. Derselbe hat ein stärkeres Kaliber als die Arterie; er gehört zu den stärksten von den Ciliarnervenstämmchen und zeichnet sich vor den übrigen dadurch aus, dass er weiter vorne als diese aus der Sclera heraus unter die Aderhaut tritt. Die Art, wie Arterie und Nerv die Sclera durchsetzen, bietet viel Analogie mit dem Verhalten der Vortexvenen. Der für sie bestimmte Scleralcanal verläuft zunächst ganz nahe der äusseren Oberfläche der Sclera. Erst nachdem er die Hälfte oder zwei Drittheile seines Verlaufes zurückgelegt hat, biegt er nach innen um und dringt diagonal durch die Sclera durch. Diese Richtungsänderung ist bei den Ciliararterien noch deutlicher ausgeprägt als bei den Vortexvenen. Innerhalb des Canals liegen Arterie und Nerv stets neben einander, niemals über einander, d. h. stets in gleicher Tiefe innerhalb der Sclera.*) Nicht selten treten in den

*) Dies gilt für die äussere lange Ciliararterie. An der inneren langen Ciliararterie kommt es sehr häufig (immer?) vor, dass die Arterie zuerst auf der einen Seite der Nerven liegt und dann innerhalb des Scleralcanales an der vorderen oder hinteren Seite des Nerven vorbei auf die andere Seite desselben sich begibt. An der Ueberkreuzungsstelle liegen natürlich Arterie und Nerv übereinander (in verschiedener Tiefe).

Scleralcanal auch einige kurze Ciliararterien ein, welche denselben aber bald verlassen, um mehr weniger senkrecht durch die Sclera hindurch in das Augeninnere zu dringen.

Der für die Arterie bestimmte Canal ist in seinem der Scleraloberfläche parallelen Anfangsstücke sehr weit. Er enthält in diesem Abschnitte ausser dem Ciliarnerven (Fig. 18 a) und der Ciliararterie (b) noch mehrere kleine Gefässe und Nerven, welche für die Sclera bestimmt sind (c). Der freie Raum, welcher zwischen den Wänden des Canals einerseits und den Nerven und Arterien andererseits bleibt, wird durch lockeres Bindegewebe ausgefüllt, welches in reichlicher Menge diese letzteren Gebilde umgibt. Zuweilen findet sich auch noch Fettgewebe als Ausfüllung des noch übrigen Raums. — Dort, wo der Scleralcanal nach innen in die diagonale Richtung umbiegt, wird er sofort viel enger. Er umschliesst ganz eng die Arterie und den Nerven; sehr oft schiebt sich sogar eine Scheidewand von Scleralgewebe zwischen die beiden ein, so dass jedes auf eine kurze Strecke hin seinen eigenen Scleralcanal besitzt (Fig. 19).*) Erst nahe der inneren Oberfläche wird der Scleralcanal wieder geräumiger, um sich bald in eine offene Halbrinne zu verwandeln. Die innere Wand des Canals endigt hier mit einem zugeschärften Rande, welcher den Lamellen der Suprachorioidea als Ansatzpunkt dient.

Weder die Arterie noch der Nerv sind irgendwo mit der Wand des Scleralcanals verwachsen. Es befindet sich daher zwischen ihnen und dem Scleralcanal in dessen ganzer Länge ein freier Raum — Lymphraum. Die Dimensionen desselben hängen von der Weite des Scleralcanals ab; der Lymphraum ist daher am Anfangs- und Endstücke des intrascleralen Arterienabschnittes weit

*) Zuweilen fehlt die Verengung des Scleralcanales, der dann in seiner ganzen Länge sehr geräumig ist, wie ich dies besonders ausgeprägt bei einem sehr myopischen Auge sah.

(Fig. 18), sonst aber sehr enge (Fig. 19). Im Lymphraume liegen die Lamellen, welche als Fortsetzung der Suprachorioidea sowohl die Arterie als den Nerven einhüllen. Jedes dieser beiden Gebilde hat seine selbstständige Hülle concentrisch gelagerter, suprachorioidealer Lamellen; diese Hülle ist an der Arterie mächtiger als am Nerven. Im Allgemeinen sind die einhüllenden Lamellen nächst der inneren Mündung des Scleralcanals am zahlreichsten und enthalten daselbst nicht selten bedeutende Mengen pigmentirter Zellen. So wie Arterie und Nerv in den engen Theil des Scleralcanals eintreten, werden die Lamellen weniger zahlreich. In dem wieder weiten hinteren Abschnitte des Scleralcanals nehmen die suprachorioidealen Lamellen allmählig den Charakter einer adventitiellen Hülle an, aber noch weithin, selbst noch ausserhalb des Augapfels, ist diese Adventitia durch die Gegenwart verzweigter Pigmentzellen charakterisirt.

Aehnliche Verhältnisse wie bei den langen Ciliararterien existiren bei den übrigen Ciliargefässen (hintere kurze Ciliararterien, vordere Ciliararterien und Venen). Bei allen diesen findet man stets einen freien Raum zwischen Gefässwand und Sclera, den man als Lymphraum bezeichnen muss. Die Suprachorioidea gibt dem Gefässe, welches sich in die Sclera einsenkt, eine Anzahl pigmentirter Lamellen als Scheide mit, welche den genannten Lymphraum einnehmen und das Gefäss auf seinem Wege durch die Sclera begleiten. Bis etwa in die Mitte der Sclera bewahrt diese Hülle ihr Pigment und den Charakter suprachorioidealer Lamellen; weiter nach aussen geht sie in die Gefässadventitia über. Die Ciliargefässe sind knapp von der Sclera umschlossen und daher der sie umgebende Lymphraum sehr enge. Nur unmittelbar an der inneren Eintrittsstelle des Gefässes in die Sclera pflegt derselbe weiter zu sein, desgleichen oft nahe der Austrittsstelle an der äusseren Scleraloberfläche.

Nach Michel*) ist die Adventitia der Ciliararterien ausserhalb des Bulbus von „dicht durchwebten Bindegewebsfibrillenbündeln umschlossen, in welchen spärliche, sogenannte Bindegewebskörperchen dem Verlaufe der Bündel folgen.“ Diese Schichte, welche man nach meiner Meinung eben so gut noch als äusserste Lage der Adventitia auffassen könnte, ist es, in welche während des Verlaufes der Gefässe durch die Sclera die suprachorioideale Scheide übergeht. Bei den Vortexvenen wurde ebenfalls erwähnt, dass ihr suprachorioidealer Ueberzug sich in die Adventitia fortsetzt. Auch hier entsteht nicht die ganze Adventitia aus der Umwandlung der suprachorioidealen Lamellen; diese gehen vielmehr nur in die äussersten Lagen der Adventitia über. Diese letzteren bilden aber bei den Venen nicht so wie bei den Arterien eine continuirliche, als eigene Schichte sich abscheidende Lage an der Peripherie der Adventitia.

Was von dem die lange Ciliararterie begleitenden Ciliarnerven gesagt wurde, gilt auch für alle übrigen Ciliarnerven; sie werden alle auf ihrem Wege durch die Sclera von einer suprachorioidealen Scheide begleitet, welche aus mehreren Blättern besteht. Dieselben gehen oft zu beiden Seiten des bandartigen Nerven eine innigere Verbindung mit der Scheide des Nerven ein, so dass dadurch eine den seitlichen Anheftungen der Wirbelvenen ähnliche Fixirung des Nerven bewirkt wird. Weiterhin gehen die suprachorioidealen Lamellen in die bindegewebige Scheide über, welche den Ciliarnerven ausserhalb des Auges einhüllt. — Der Canal in der Sclera, in welchem der Nerv verläuft, ist spaltförmig, indem die äquatorial verlaufenden Fasern der Sclera auseinander weichen, um dem Nerven Durchlass zu gewähren. In den beiden Winkeln dieses Spaltes, also zu beiden Seiten des Nerven, liegen Bündel von Sclerafasern, welche dem Nerven parallel (also meridional) verlaufen. Zwischen diese Fasern hinein setzen sich die suprachorioidealen Lamellen mit ihren ver-

*) v. Graefe's Archiv XVIII. Bd., 1. Abth., p. 141.

zweigten Pigmentzellen fort. Sie bilden mit den Fasern ein lockeres Maschenwerk, welches besonders an Schnitten gut hervor tritt, welche senkrecht auf die Richtung des Nerven geführt sind. Man sieht an diesen die beiden Winkel des spaltförmigen, in seiner Mitte den Nerven enthaltenden Raums von diesem Maschenwerk ausgefüllt, welches zuweilen eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Querschnitte des Ligamentum pectinatum zeigt.

Wir sehen also, dass sämtliche Gefässe und Nerven, welche durch die Sclera zur Aderhaut gelangen, von einer Hülle suprachorioidealer Lamellen begleitet werden. Diese Lamellen liegen in einem freien (wenn auch oft engen) Raume, welcher sich zwischen der Oberfläche des Gefässes (respective Nerven) und der Sclera befindet. Dieser Raum mündet offen an der äusseren und inneren Oberfläche der Sclera aus. Er kann daher nur als ein Lymphraum betrachtet werden, welcher den Perichorioidealraum mit dem Tenon'schen Raum in Verbindung setzt. Es würde demnach zwischen diesen beiden Lymphräumen eben so viele Communicationen geben, als Gefässe und Nerven die Sclera durchbohren. Dazu kämen noch die Spalträume (Saftlücken) in der Sclera, welche nach Michel ebenfalls mit den beiden grossen Lymphräumen in offener Verbindung stehen. Von allen diesen Communicationen sind die Lymphräume um die Wirbelvenen weitaus die weitesten; der Abfluss der Lymphe muss auf diesem Wege mit verhältnissmässiger Leichtigkeit erfolgen. Daher fliesst auch die Injectionsflüssigkeit, welche man in den Perichorioidealraum einspritzt, längs der Wirbelvenen ab und nicht durch die um so viel engeren Lymphräume, welche sich um die übrigen Gefässe und um die Nerven herum finden. Diese füllen sich nur ganz ausnahmsweise. Schwalbe*) sah nur ein einziges Mal an den beiden Augen eines Ka-

*) l. c. p. 36.

ninchens die in den Perichorioidealraum eingespritzte Flüssigkeit in der Nähe der Art. ciliares longae aus dem Auge heraustreten. Axel Key und Retzius *) sahen zuweilen die eingespritzte Flüssigkeit den Arterien am hinteren Umfange des Bulbus folgen.

Es ist immerhin auffallend, dass die Injection dieser Lymphräume so schwer gelingt. Ich dachte dadurch zum Ziele zu kommen, dass ich vor der Injection die Lymphräume der Wirbelvenen durch kleine Holzspähne verschloss, welche ich von aussen in dieselben einführte. Wenn ich dann den Perichorioidealraum injicirte, konnte ich den Bulbus bis zur Steinhärte füllen und beliebig lange auf dieser Spannungshöhe erhalten, ohne dass Flüssigkeit längs der Wirbelvenen abfloss. Trotzdem füllten sich weder bei Menschen- noch bei Schweinsaugen die um die Arterien und Nerven gelegenen Lymphräume.

In kurzen Worten zusammengefasst, sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit folgende:

1. Lage und Form der scleralen Insertion der vier geraden Augenmuskeln bieten gewisse, gleichmässig wiederkehrende Abweichungen von der Symmetrie dar.
2. Die sclerale Insertion des M. obliquus superior lässt zwei verschiedene Typen, den emmetropischen und den myopischen, erkennen.
3. Beim myopischen Auge ist die Ausdehnung der Sclera im Sinne der Parallelkreise schon in der Höhe der Insertionen der geraden Augenmuskeln nachweisbar, während die Ausdehnung in sagittaler Richtung auf den hintersten Abschnitt des Augapfels (hinter den Austrittsstellen der Wirbelvenen aus der Sclera) beschränkt ist.
4. Es gibt zwei Paare Wirbelvenen, ein oberes und ein unteres Paar. Denselben entsprechen zwei Paare Hauptwirbel in der Aderhaut.

*) l. c. p. 210.

5. Mit Rücksicht auf den Verlauf der Wirbelvenen ausserhalb der Aderhaut und ihre Verbreitungsweise innerhalb der Aderhaut zerfällt diese in zwei venöse Gefäßgebiete, welche der oberen und unteren Aderhauthälfte entsprechen.
 6. Die Wirbelvene beginnt in der Aderhaut mit einem venösen Sinus.
 7. Die Wirbelvene ist innerhalb des Scleralcanales von einer suprachorioidealen Hülle umgeben und durch Längsfaserzüge zu beiden Seiten an die Wand des Canales angeheftet.
 8. Durch Verwachsung der Venenwand mit der Sclera ist der die Vene innerhalb der Sclera umgebende Lymphraum streckenweise obliterirt.
 9. Die Austrittsstellen der oberen äusseren und unteren äusseren Wirbelvene aus der Sclera haben eine derartige Lage, dass sie durch die beiden Musculi obliqui comprimirt werden können.
 10. Die für diese Compression günstigste Stellung ist diejenige, welche die Augen bei der Arbeit in der Nähe einnehmen. Es ist möglich, dass hierin ein Moment für die Entstehung der Myopie liegt.
 11. Gleich den Wirbelvenen sind auch die übrigen zur Aderhaut sich begebenden Blutgefässe, sowie auch die Ciliarnerven auf ihrem Wege durch die Sclera von einer Hülle suprachorioidealer Lamellen begleitet. Dieselben liegen in einem engen Lymphraume, welcher zwischen dem Gefässe resp. Nerven einerseits und der Sclera andererseits existirt.
-

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Oberfläche des Augapfels, in 4facher Vergrößerung auf die Ebene projicirt.

AA Rand der Hornhaut, BB Aequator. — Die vier senkrechten Linien entsprechen den beiden Hälften des horizontalen und verticalen Meridianes. In dieses Schema sind die Insertionslinien der Augenmuskeln von 10 emmetropischen rechten Augen eingezeichnet.

Fig. 2. Dasselbe Schema mit den Insertionslinien der Augenmuskeln von 8 myopischen linken Augen.

Fig. 3 u. 4. Dasselbe Schema in nur zweifacher Vergrößerung.

Fig. 3. Insertionslinien der Augenmuskeln eines rechten Auges, wie sie sich als Mittel aus sämtlichen gemessenen emmetropischen Augen ergeben. In dieses Schema sind auch die Austrittsstellen der Wirbelvenen aus der Sclera von 10 emmetropischen rechten Augen eingezeichnet.

Fig. 4. In das Schema eines emmetropischen rechten Auges sind die in der Sclera liegenden Abschnitte der Wirbelvenen und der äusseren langen Ciliararterie eingezeichnet, wie sich deren Lage als Mittel aus sämtlichen Beobachtungen ergibt.

a und a₁ Die beiden Venen des oberen Paares. b und b₁ Die beiden Venen des unteren Paares. c Aeussere lange Ciliararterie.

Fig. 5. Insertionslinie des Rectus superior und des Obliquus superior in zweifacher Vergrößerung. — Die Zeichnung a rührt von einem emmetropischen, die Zeichnung b von einem myopischen Auge her.

AA Hornhautrand. BB Aequator, dessen Lage für jeden der beiden Bulbi besonders gemessen wurde. VV obere Hälfte des verticalen Meridianes. aa Insertionslinie des Rectus sup. bb Insertionslinie des Obliquus sup. c Drehpunkt des Auges, welcher in der Zeichnung a als 2.17 Mm., in der Zeichnung b als 1.75 Mm. hinter der Mitte der Sehaxe liegend ange-

nommen wurde (nach Donders, Anomalien der Refraction und Accommodation. Wien 1866. p. 154).

Fig. 6 gibt die Fig. 5 a doppelt so gross (im Vierfachen der natürl. Grösse) wieder.

T Trochlea, deren Lage nach Volkmann eingezeichnet ist. bb Lage der Insertionslinie des Obliquus sup. zur Trochlea beim Blick geradeaus. b₁ b₁ Dasselbe bei Adduction des Auges um 10°. Die genauere Erklärung siehe im Texte Seite 15.

Fig. 7. Insertionslinien des Obliquus inferior von 5 linken Augen. 4fache Vergrösserung.

BB Aequator. HH Aeussere Hälfte des horizontalen Meridians. dd und d₁ d₁ sind die zwei Theilsehnen eines Obliquus.

Fig. 8. Schematische Darstellung der Venenwirbel in der menschlichen Aderhaut. Etwas über natürl. Grösse.

V V Verticaler Meridian. Aussen und innen die beiden langen Ciliararterien. p Papille. m Macula lutea.

Fig. 9. Anordnung der Aderhautwirbel in einem emmetropischen Auge. Etwas über natürl. Grösse.

V V Verticaler Meridian, welcher hier durch die Papille gezogen gedacht wird.

Fig. 10. Ein Quadrant der Chorioidea vom Schwein mit dem Venenwirbel. V. $\frac{3}{4}$.

Fig. 11. Dasselbe vom Schaf. V. $1\frac{5}{8}$.

Fig. 12. Längsschnitt durch den intrascleralen Abschnitt der äusseren oberen Wirbelvene. V. $2\frac{2}{4}$.

a Chorioidea. b Suprachorioidea. c Sclera. d Zugeschräfter Rand derselben an der Eintrittsstelle der Vene. e Sinus zwischen Chorioidea und Sclera. f Stelle, an welcher die Wand der Vene plötzlich dick wird. h Querschnitt der Sehne des Obliquus superior.

Fig. 13. Querschnitt durch den intrascleralen Abschnitt einer Wirbelvene. V. $1\frac{2}{4}$.

a Aequatoriale Scleralfasern. b Meridionale Scleralfasern. c Der die Vene umgebende Lymphraum. d d₁ Seitliche Anheftungen der Vene, welche auf der einen Seite (d₁) eine kleine Arterie einschliessen.

Fig. 14. Querschnitt durch den intrascleralen Abschnitt einer Wirbelvene. V. $1\frac{0}{4}$.

a, b, c wie in Fig. 13. An der äusseren Seite der Vene existirt der Lymphraum nicht, indem die Venen-

wand hier mit der Sclera verwachsen ist. Die seitlichen Anheftungen der Vene fehlen.

Fig. 15. Sinus der Wirbelvenen eines pigmentarmen Auges mit progressiver Myopie. Sie sind im umgekehrten Bilde gezeichnet, bei starker Vergrößerung (mit starker Convexlinse vor dem Auge des Beobachters).

a Oberer äusserer Wirbel. b Oberer innerer Wirbel.

Fig. 16. Wirbelvene, welche sich in der Sclera in 3 Aeste theilt. V. $\frac{3}{4}$.

a Venenwirbel in der Aderhaut. b Dazu gehöriger Sinus. c Die daraus sich entwickelnde in der Sclera liegende Vene. Dieselbe vereinigt sich mit zwei anderen Aesten zu einem gemeinschaftlichen Venenstamme, welcher bei d die Sclera verlässt.

Fig. 17. Seitliche Anheftung einer Wirbelvene innerhalb ihres Lymphraumes. V. $\frac{39}{4}$.

a Aequatoriale Scleralfasern. b Meridionale Scleralfasern (seitliche Anheftung der Vene). b₁ Der der Vene unmittelbar anliegende Theil derselben. c Lymphraum. d Innere dicke, e Aeussere dünne Wand der Vene. f Lumen der Vene.

Fig. 18. Querschnitt durch den intrascleralen Abschnitt der äusseren langen Ciliararterie, nahe der Eintrittsstelle der Arterie in die Sclera. V. $\frac{53}{4}$.

a Nerv. b Ciliararterie. c Für die Sclera bestimmte Gefässe und Nerven.

Fig. 19. Querschnitt durch die äussere lange Ciliararterie, dort wo dieselbe ungefähr in der halben Dicke der Sclera liegt. V. $\frac{51}{4}$.

a und b wie in Fig. 18.

Fig. 1.

3ahn unmetropische, irakle Augen. Fig. 1. innen aussen

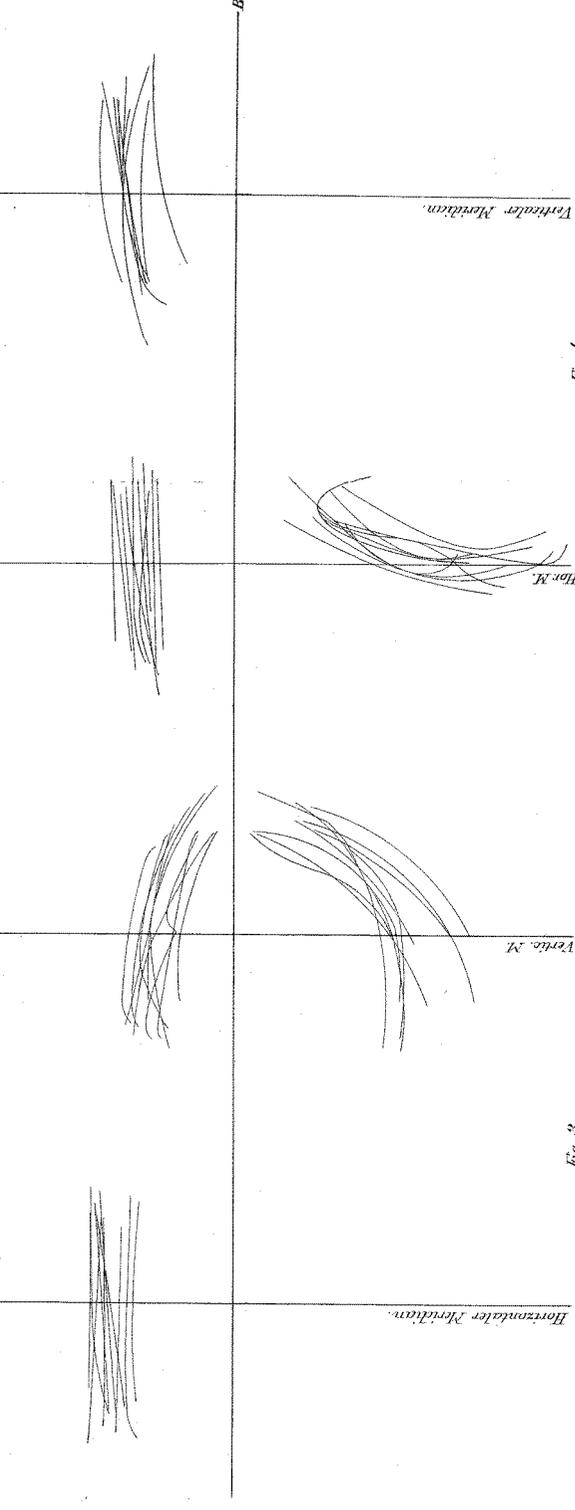


Fig. 3.

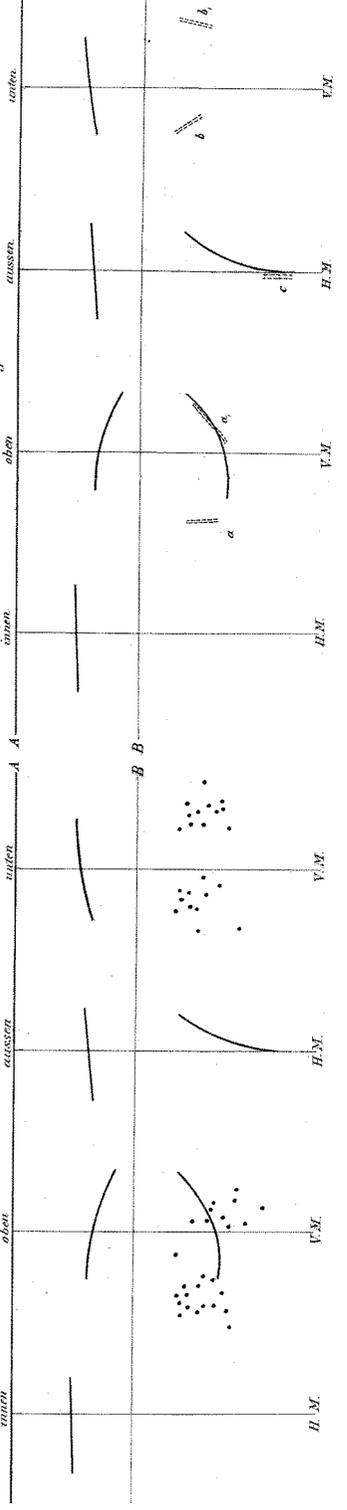


Fig. 4.

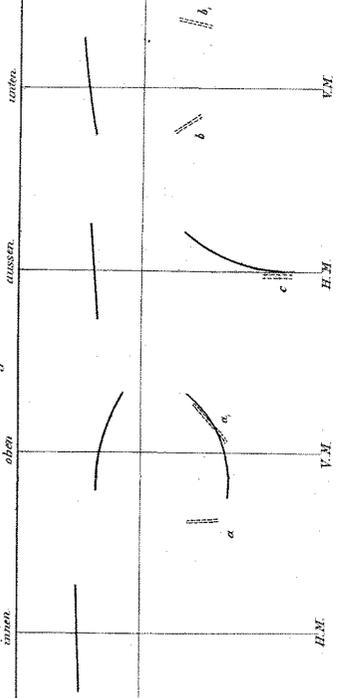


Fig. 2.

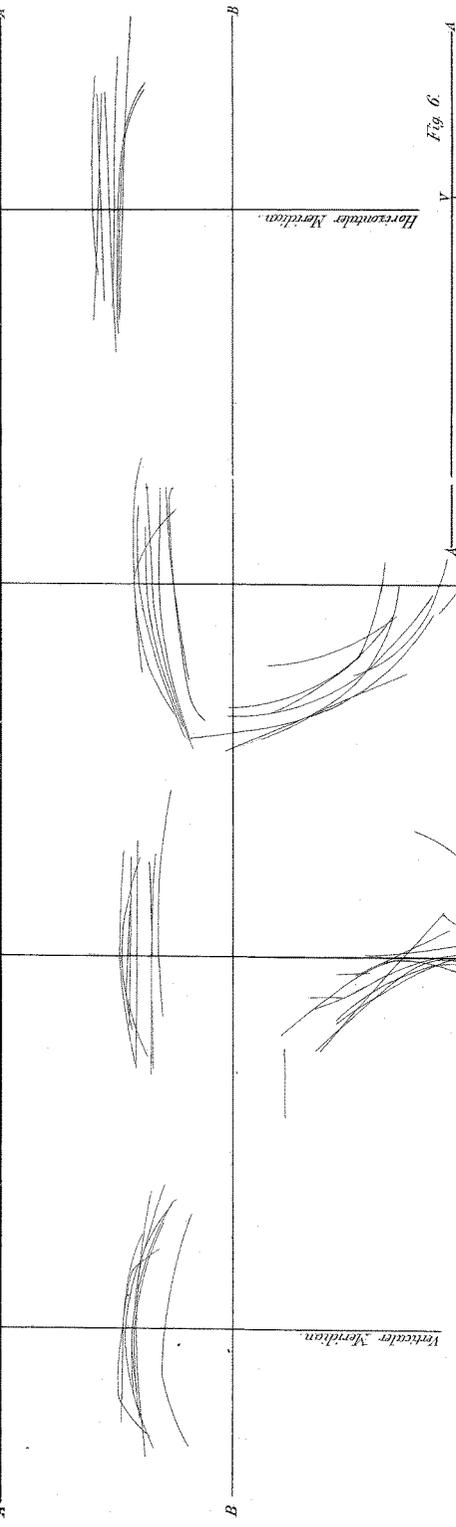


Fig. 7.

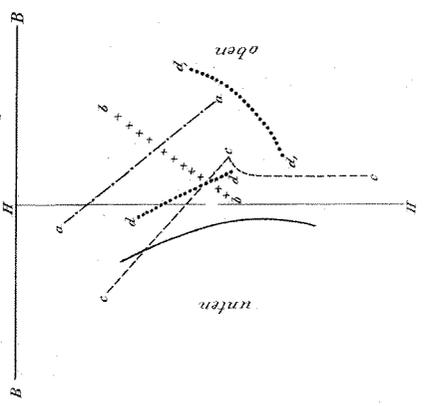


Fig. 6.

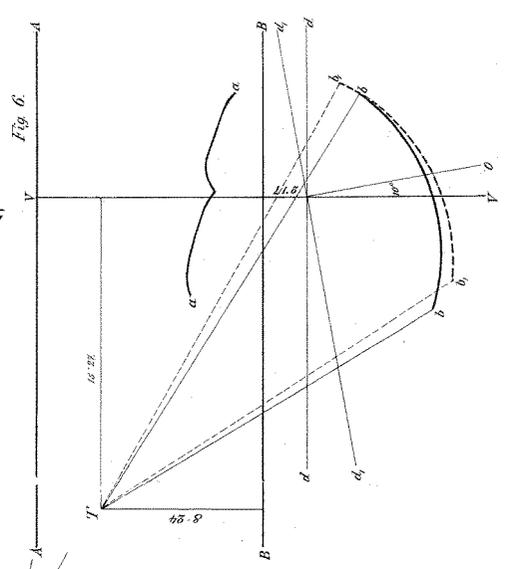




Fig. 15.

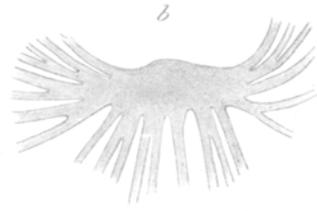


Fig. 1.
zu Birnbacher
oben

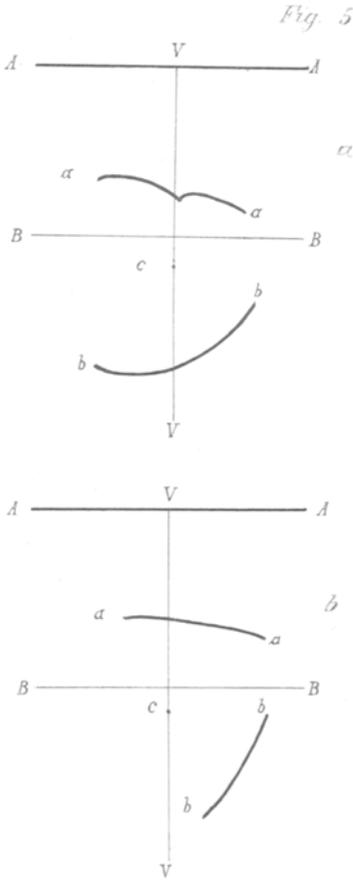


Fig. 5



Abb. Schütze Lehr. Inst. Berlin

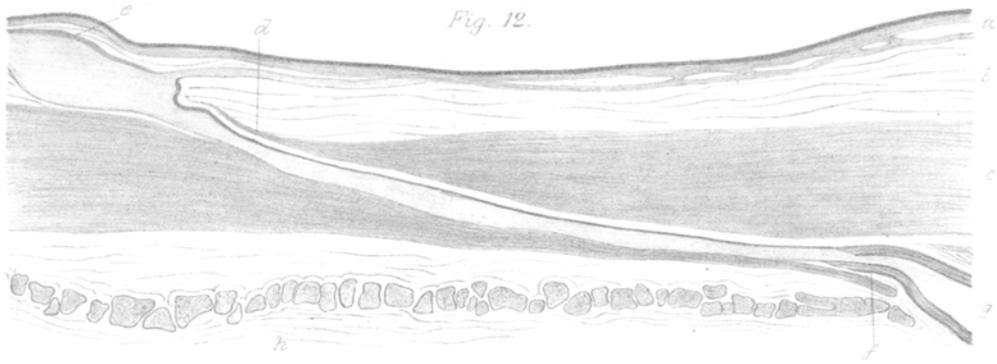


Fig. 12.

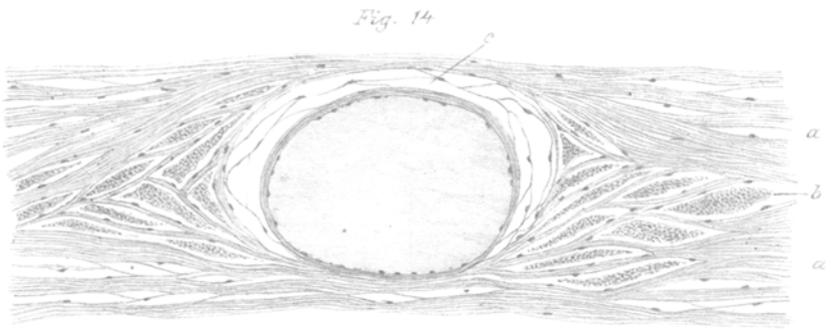


Fig. 14

Fig. 17

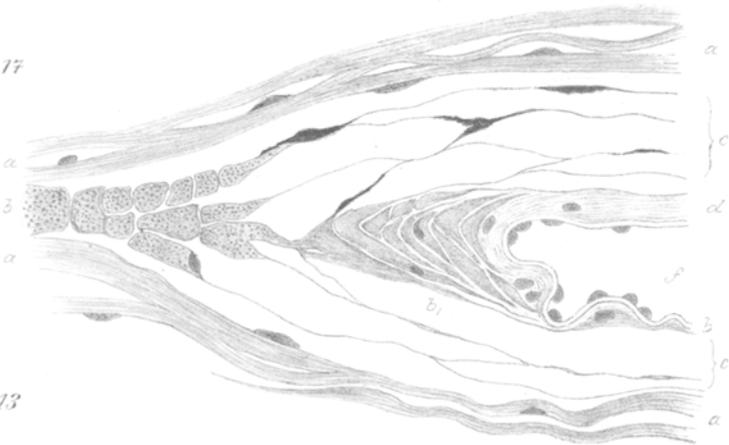


Fig. 13

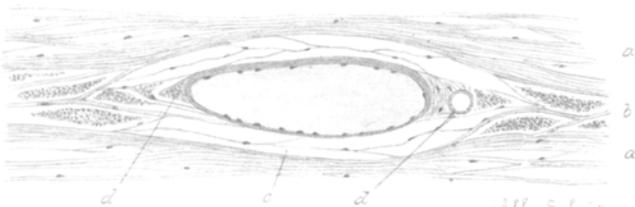


Fig. 8.

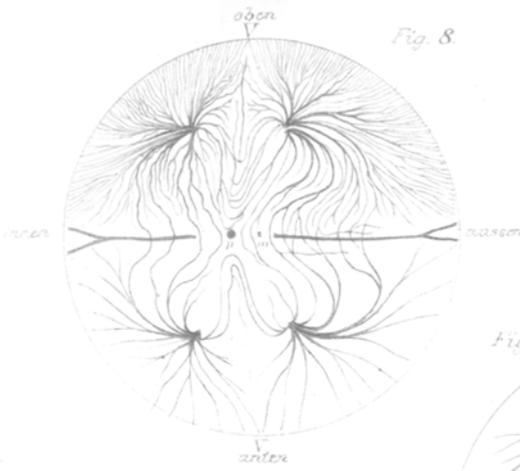


Fig. 16.

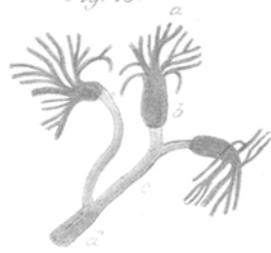


Fig. 9.

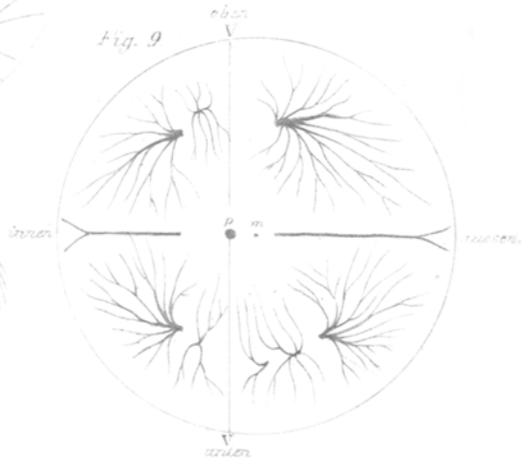


Fig. 11.

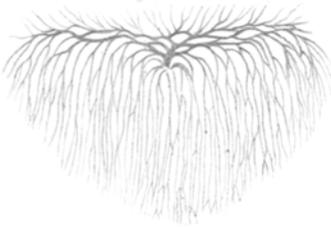


Fig. 10.



Fig. 19.

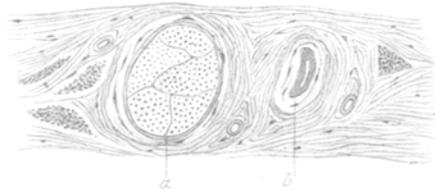


Fig. 18.

