

Ein neuer stabiler Augenspiegel mit reflexlosem Bilde.

Von

WALTHER THORNER.

(Mit 11 Fig.)

Seit der Erfindung des Augenspiegels durch HERMANN VON HELMHOLTZ im Jahre 1851 sind zahlreiche Veränderungen desselben vorgeschlagen worden. Von allen den verschiedenen Methoden haben sich jedoch nur zwei als für die Praxis brauchbar erwiesen: die Untersuchung mittels eines durchbohrten Plan- oder Concavspiegels, ohne daß man andere optische Hilfsmittel anwendet, oder doch nur Correctionsgläser für die verschiedenen Refraktionszustände hinter dem Spiegel anbringt, und die Untersuchung mittels eines durchbohrten Hohlspiegels unter Anwendung einer Convexlinse von 5—10 cm Brennweite, die ein umgekehrtes Bild des Augenhintergrundes entwirft. Die Abänderungsvorschläge betreffen zunächst den Beleuchtungsspiegel. Abgesehen von der spiegelnden Glasplatte, die v. HELMHOLTZ selbst angewandt hatte, sind Plan-, Concav- und Convexspiegel von dem verschiedensten Durchmesser und Krümmungsradius mit einer Oeffnung von verschiedener Lage und Größe, und total reflectirende Prismen mit ebenen oder gekrümmten Flächen vorgeschlagen worden. Die zweite Art von Aenderungen, die man vorgenommen hat, betrifft die optischen Hilfsmittel, und hier war es wiederum v. HELMHOLTZ selbst, der zuerst versuchte, durch zwei Convexlinsen nach Art eines Fernrohrs den Augenhintergrund zu betrachten. Er hebt als theoretischen Vorzug die Analogie mit anderen optischen Instrumenten hervor und die leichte Einstellung auf verschiedene Refraktionszustände durch Aenderung der Entfernung der Linsen von einander. Als Nachtheil nennt er die nothwendige Centrirung derselben, die Schwierigkeit der richtigen Einstellung des beobachteten Auges.

und endlich, daß er wegen der zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes nothwendigen kurzen Brennweite der Linsen kein deutliches Bild erhalten habe. Nach diesem Princip sind ebenfalls zahlreiche Apparate später construirt worden, sie haben aber niemals die beiden anderen Untersuchungsmethoden an Brauchbarkeit erreicht; und dies hat hauptsächlich zwei Gründe: Bringt man Linsen zwischen Spiegel und Auge des Patienten an, so werden die Reflexe in den Linsen und der vergrößerte Hornhautreflex so störend, daß eine Beobachtung kaum mehr möglich ist. Bringt man aber die Linsen erst hinter dem Spiegel an, so stört immer noch sehr der Hornhautreflex, außerdem bildet die Oeffnung im Spiegel ein Diaphragma, so daß sich für das Gesichtsfeld kein merklicher Vortheil ergibt.

Vor Kurzem habe ich nun einen Augenspiegel construirt¹, der ein Gesichtsfeld von 37° in der Vergrößerung des aufrechten Bildes ergibt und dabei frei von jedem störenden Reflex ist.

Bevor ich auf die Construction desselben eingehe, will ich nun die allgemeinen Gesetze, die mich zu der Berechnung dieses Augenspiegels geführt haben, im Folgenden in der Form, in der sie mir am übersichtlichsten und für den Gebrauch am geeignetsten erschienen, wiedergeben. Auf die Beweise derselben will ich nicht näher eingehen, da sie sich aus bekannten Gesetzen ergeben, die zum Theil in den Ausführungen von v. HELMHOLTZ in seinem „Handbuch der Physiologischen Optik“ enthalten sind.

Die Reflexe.

Diejenige Erscheinung, welche besonders der Grund gewesen ist, daß die für die Construction anderer optischer Instrumente geltenden Grundsätze nicht auf den Augenspiegel haben angewandt werden können, besteht darin, daß das Licht, da es auf demselben Wege vom Auge des Beobachteten zu dem Beobachter zurückkehren muß, auf dem es von der Lichtquelle hingelangt ist, bei dem Eintritt in jedes neue Medium eine theilweise Reflexion erfährt, und zwar derart, daß die reflectirten Strahlen sich mit den vom Hintergrund kommenden vermengen. Dies macht sich am wenigsten bemerkbar, sobald man nur einen

¹ In Nr. 98 der *Deutschen Medicinal-Zeitung* vom 8. Dec. 1898 in einer vorläufigen Mittheilung beschrieben.

kleinen Theil des Hintergrundes betrachtet, wird aber immer störender, je mehr Punkte desselben gleichzeitig beleuchtet werden sollen, so daß schliesslich bei Beleuchtung eines ausgedehnten Feldes das ganze Bild durch einen allgemeinen Schleier verdeckt wird.

Bisher hat man nun nur ein Mittel häufiger angewandt, um die Reflexe zu beseitigen. Man umgiebt das Auge mit einer dicht an das Gesicht anschliessenden Kammer, welche mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt ist und vorn von einer planen Glasplatte begrenzt wird. Da die Kochsalzlösung ungefähr denselben Brechungsexponenten wie die menschliche Hornhaut hat, so wird von dem einfallenden Lichte an der Hornhaut nichts reflectirt. Ueber diese Methode habe ich keine Versuche angestellt, da sie mir von vornherein als zu umständlich erschienen ist, um allgemeinere Anwendung zu finden.

Eine zweite Möglichkeit, die Reflexe zu beseitigen, besteht in der Anwendung der Polarisation des Lichtes, die schon v. HELMHOLTZ bei der Construction seines ersten Augenspiegels verwandt hat, um wenigstens den Reflex abzuschwächen. Wenn das von der Netzhaut zurückkehrende reflectirte Licht andere Eigenschaften besitzt, als das von der Hornhaut reflectirte, so kann man beide Lichtarten gemeinsam durch Vorrichtungen hindurchtreten lassen, durch die das von der Hornhaut reflectirte ausgelöscht wird, während das von der Netzhaut kommende hindurchgeht. Man könnte nun zunächst daran denken, daß das von der Hornhaut reflectirte Licht an sich schon linear polarisirt sei. Dies gilt aber nur für einen ganz bestimmten Reflexionswinkel. Betrachtet man den Hornhautreflex, der durch Beleuchtung mit einer kreisförmigen leuchtenden Fläche entsteht, durch ein NICOL'sches Prisma, so werden nur einzelne Theile desselben ganz ausgelöscht, und zwar diejenigen, welche gerade in dem für die Hornhaut geltenden Polarisationswinkel reflectirt werden, im Uebrigen wird der Reflex nur mehr oder weniger in seiner Intensität geschwächt. Will man dagegen ein vollständiges Verlöschen desselben erzielen, so muß man das Auge schon mit linear polarisirtem Lichte beleuchten. Von der Hornhaut wird dasselbe dann wieder als linear polarisirtes Licht zurückgeworfen, dagegen vom Augenhintergrunde depolarisirt. Wird dann die Gesammtheit der Strahlen durch ein NICOL'sches Prisma betrachtet, dessen Polarisationsebene um 90° mit derjenigen

des einfallenden Lichtes gekreuzt ist, so wird der Hornhautreflex ausgelöscht, während das vom Hintergrunde kommende depolarisirte Licht wieder linear polarisirt wird und so in das Auge des Beobachters gelangt. Ebenso wie bei dieser Anordnung der Hornhautreflex verlischt, so verlischt auch der Reflex in einer oder mehreren Linsen, die gemeinsam zur Beleuchtung und Beobachtung dienen.

Ueber die Anwendung dieses Principis habe ich nun zahlreiche Versuche angestellt, deren Resultate ich im Folgenden darlegen will. Zunächst habe ich mich an die erste HELMHOLTZ'sche Vorrichtung gehalten, und als Polarisator und gleichzeitig als Beleuchtungsspiegel eine Glasplatte benutzt, deren Einfallslot mit der Beobachtungsaxe und mit der Einfallrichtung des Lichtes einen Winkel von 55° bildete. Werden mehrere solcher Glasplatten hinter einander gelegt, so kann man dieselbe Vorrichtung gleichzeitig als Analysator benutzen, indem dann nur Licht hindurchgelassen wird, dessen Polarisationsebene senkrecht zu derjenigen des von den Glasplatten reflectirten Lichtes steht. Hierdurch gelingt jedoch das Auslöschen des Reflexes nur in sehr unvollkommener Weise. Ferner ist auch das Licht, welches von der Glasplatte reflectirt wird, nur bei einem ganz bestimmten Reflexionswinkel wirklich linear polarisirt, während hier, wo ein größeres Feld beleuchtet sein soll, das Licht also in sehr verschiedenen Richtungen zum Auge gelangen muß, der Winkel bei vielen der reflectirten Strahlen erheblich vom Polarisationswinkel abweicht.

Viel besser gelangt man zum Ziele, wenn man sowohl als Polarisator wie als Analysator NICOL'sche Prismen benutzt, deren Polarisationsebenen zu einander rechtwinklig stehen. Mit dieser Anordnung kann man dann das Princip des Augenspiegels in sehr verschiedenartiger Weise combiniren. Theoretisch am einfachsten erscheint die Benutzung nur eines NICOL'schen Prismas, bei dem der Weg des außerordentlichen Strahls zur Beobachtung dient, während der ordentliche Strahl nicht, wie sonst üblich, an der Wand absorbirt wird, sondern durch diese hindurchtritt und zur Lichtquelle gelangt. Dies habe ich so erreicht, daß ich an die Wand des NICOLS, welche glatt polirt war, ein rechtwinkliges Prisma mit der einen Kathete ankittete, dessen andere Kathete *b* versilbert war.

In der Figur 1 stellt O_1 das Auge des Beobachters, O_2 das des Beobachteten dar.¹ Von der Lichtquelle L tritt das Licht etwa senkrecht auf die Hypotenuse des rechtwinkligen Prismas P , wird an der versilberten Kathete b reflectirt, tritt durch die andere Kathete in das NICOL'sche Prisma N ein, wird an der Trennungsschicht zwischen den beiden Hälften desselben total reflectirt, geht bis zum Punkte a und tritt dann aus der Vorderfläche aus nach dem Auge O_2 hin. Die von O_2 kommenden Lichtstrahlen gehen nun, soweit sie vom Hornhautreflex stammen, also dieselbe Schwingungsebene wie die einfallenden Strahlen haben, wieder zur Lichtquelle zurück, während die vom Hintergrund kommenden depolarisirten Strahlen zum Theil bei a auf dem Wege des außerordentlichen Strahls zum Auge O_1 gelangen. Bei dieser Anordnung sind aber die diffusen Reflexe, welche sich im Innern des NICOL'schen Prismas bilden, von grossem Nachtheil, so dafs das Bild des Hintergrundes stark verschleiert wird.

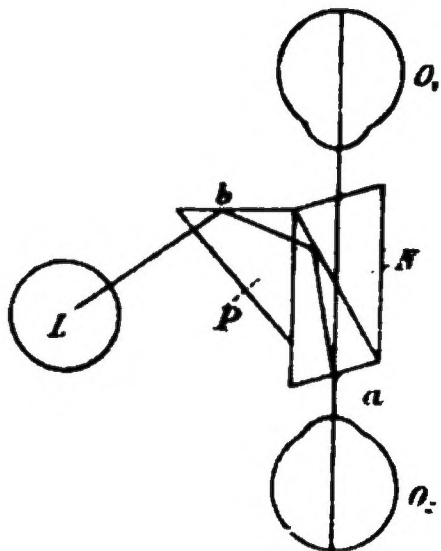


Fig. 1.

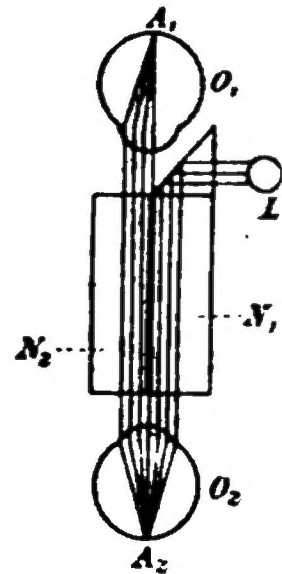


Fig. 2.

Dies wird vermieden, wenn man statt eines NICOL'schen Prismas zwei benutzt, welche dicht an einander befestigt werden, und zwar so, dafs ihre Polarisations Ebenen zu einander senkrecht stehen, und durch das eine das Licht mittels Spiegelung an der Hypotenuse eines rechtwinkligen Prismas zugeführt wird, während das andere zur Beobachtung dient. Diese Anordnung giebt recht gute reflexlose Bilder, nur wird das Gesichtsfeld wegen der röhrenförmigen Gestalt der NICOL'schen Prismen etwas klein, da

¹ Für die Figuren dieser Arbeit will ich bemerken, dafs die Grössenverhältnisse der einzelnen Theile zu einander nicht immer der Wirklichkeit entsprechen, sondern dafs ich da von derselben abgewichen bin, wo es die Rücksicht auf gröfsere Deutlichkeit erforderte.

ein Punkt des Augenhintergrundes nur dann gesehen werden kann, wenn von ihm Strahlen durch beide NICOL'sche Prismen hindurch theils zum Lichte, theils zum Beobachter gelangen.

In der Fig. 2 stellt wieder O_2 das Auge des Beobachteten, O_1 das des Beobachters dar. Von dem Punkte A_2 des Hintergrundes von O_2 geht die Hälfte der Strahlen durch ein Nicol N_1 zur Lichtquelle, einer kleinen Glühlampe L , und umgekehrt, die andere Hälfte tritt durch das Nicol N_2 zum Auge O_1 und erzeugt auf A_1 ein Bild von A_2 .

Als die brauchbarste Anordnung, die sich auf das Princip der Polarisation gründet, habe ich folgende gefunden: Zwischen dem Auge O_1 des Beobachters (Fig. 3) und O_2 des Beobachteten befindet sich in der Mitte ein um 45° geneigter Planspiegel s , dessen Belegung gitterförmig durchbrochen ist, indem immer Streifen von 1 mm Breite von der Belegung entfernt und ebenso breite Streifen stehen geblieben sind. Die Convexlinsen 1, 2 und 3 haben alle gleiche Brennweite und eine solche Anordnung, daß die Pupillen von O_1 und O_2 und die Lichtflamme L gleichzeitig auf dem Spiegel s abgebildet werden. Da sich das NICOL'sche Prisma N_1 dicht vor der Pupille von O_1 und N_2 dicht vor der Lichtquelle L befindet, so wirken hierbei weder die NICOL'schen Prismen, noch die Pupillen der beiden Augen als Gesichtsfeldblenden.

Um ein scharfes Bild des Hintergrundes zu erhalten, ist es nöthig, das Correctionsglas 4 hinter dem Spiegel anzubringen. Die Linien in der Figur bedeuten die Hauptstrahlen, welche das Gesichtsfeld begrenzen. Das Bild der Lichtquelle L , welches durch die Convexlinse 3 in der Ebene des Planspiegels entworfen wird, wird durch die Linse 1 auf der Pupille von O_2 abgebildet, also der Hintergrund möglichst ausgedehnt beleuchtet. Die Schwingungsebene der durch N_1 hindurchtretenden polarisirten

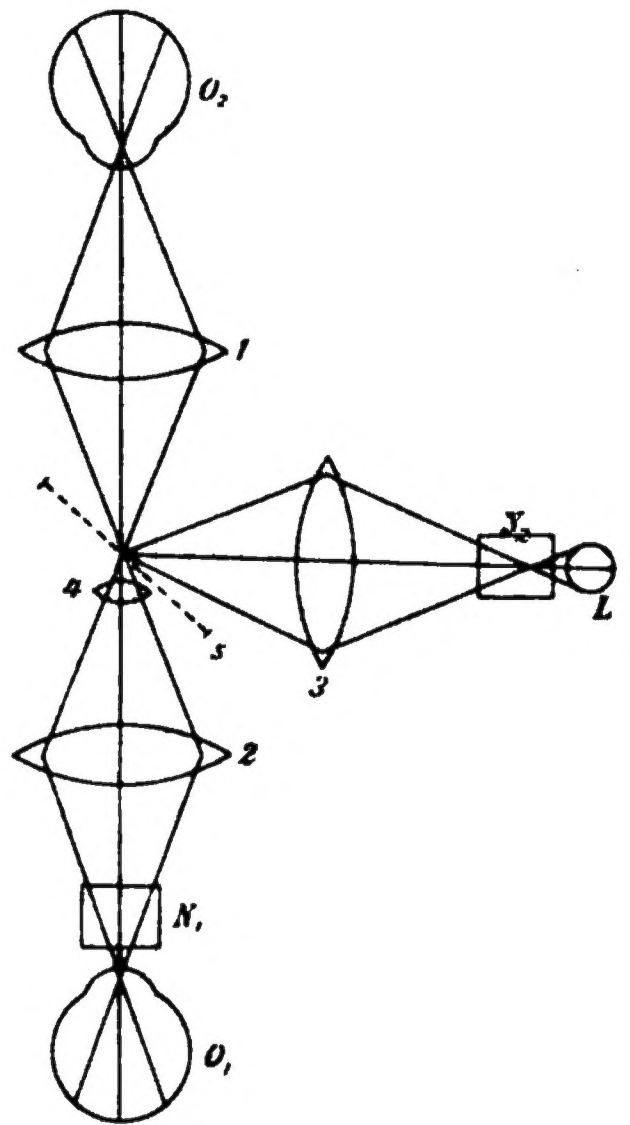


Fig. 3.

Strahlen steht senkrecht zu derjenigen des durch N_2 einfallenden Lichtes. Nun wird zwar das linear polarisirte Licht durch die Reflexion an dem Metallspiegel in elliptisch polarisirtes verwandelt, jedoch nähert es sich bei dieser Stellung des Spiegels immer noch so sehr dem linear polarisirten, daß eine Auslöschung vollständig gelingt.

Bei dieser Anordnung zeigt sich also am deutlichsten, daß es mit Hülfe der Polarisation des Lichtes in der That möglich ist, die Reflexe sowohl auf der Hornhaut wie auf den Linsen, welche sich vor dem Auge befinden, vollständig zu beseitigen. Dennoch habe ich die Anwendung der Polarisation wieder aufgegeben, weil durch die NICOL'schen Prismen sehr viel von dem schon ohnehin schwachen Lichte des Augenhintergrundes verloren geht, und sich dasselbe Ziel, die Beseitigung der Reflexe, auf sehr viel einfachere Weise erreichen läßt.

Denkt man sich nämlich eine Scheidewand derart gezogen, daß sie bis zur Mitte der Hornhaut des beobachteten Auges heranreicht, und würde man nun durch die eine Hälfte der Pupille das Licht zuführen, während durch die andere Hälfte beobachtet würde, so ist es klar, daß keine Reflexe entstehen können. Es wäre also Beleuchtungs- und Beobachtungssystem bis zur Hornhaut hin vollständig von einander getrennt, von hier ab mischten sich die Strahlen, die durch beide Hälften gehen, bis sie sich auf dem Hintergrunde vereinigen. Nun kann man aber eine solche Trennung des Beobachtungs- und Beleuchtungssystems in Wirklichkeit nicht so weit durchführen, weil man mit einer körperlichen Scheidewand nicht bis zur Hornhaut herangehen darf. Reicht aber dieselbe nicht ganz bis zur Hornhaut heran, sondern bleibt sie auch nur wenige Millimeter von derselben entfernt, so werden schon so viele Strahlen vom Beleuchtungs- zum Beobachtungssystem herüber reflectirt, daß keine Beobachtung mehr möglich ist. Dieses fehlende Stück der körperlichen Scheidewand kann man nun aber optisch ersetzen durch das Bild einer solchen.

Zunächst will ich der Einfachheit halber annehmen, daß das Auge O_2 (Fig. 4) mittels einer reflectirenden Glasplatte gg beleuchtet werde.

Um ein möglichst großes Feld des Hintergrundes zu beleuchten, werde ein Bild der Lichtflamme L , welche in doppelter

Brennweite von einer Convexlinse A von großer Apertur stehen soll, auf der Pupille von O_2 entworfen. Dann ist dieses Bild ebenso groß wie L selbst. Betrachtet werde der Augenhintergrund im umgekehrten Bilde mittels einer Convexlinse B von 25 cm Brennweite, welche sich ebenso weit vom Beobachter O_1 , wie vom beobachteten Auge O_2 befindet, nämlich 50 cm weit. Dann entsteht ein Bild des Augenhintergrundes in deutlicher Sehweite zwischen O_1 und B . Nun verdecke man die eine Hälfte von L durch eine Blende ss . Dann entsteht ein Bild von ss auf der halben Pupille von O_2 , bc , d. h. diese Hälfte wird dunkel, während die andere Hälfte ab hell bleibt. Der Hintergrund des Auges O_2 muß dagegen in derselben Ausdehnung beleuchtet bleiben, wie vorher, nur halb so stark. Die unbeleuchtete Hälfte der Pupille bc bildet sich nun auf der halben Pupille von O_1 , ef ab, während die beleuchtete Hälfte sich auf der Hälfte de abbildet. Alle Strahlen, die also von der halben beleuchteten Hornhaut von O_2 reflectirt werden, verhalten sich so, als ob ab selbst leuchtend wäre, und gehen zu dem Bilde von ab , zu de hin, während in den Raum ef kein Strahl von diesem Reflex fallen kann. Befindet sich also in de ebenfalls eine Blende, so wird der Reflex vollständig beseitigt, und es gelangt nur Licht vom Augenhintergrunde in das Auge des Beobachters O_1 .

Die Größe der übersehenen Fläche wird durch diese Blende nicht verringert, sondern die Beleuchtung wird nur auf die Hälfte herabgesetzt. In der Figur stellt der schraffierte Theil den Weg dar, auf dem nur Strahlen vom Augenhintergrunde von O_2 verlaufen, der nicht schraffierte Theil denjenigen, auf dem die Strahlen, die vom Hintergrunde kommen, mit den von der Hornhaut reflectirten Strahlen gemischt sind. Aus praktischen Gründen empfiehlt es sich nun nicht, eine Glasplatte zur

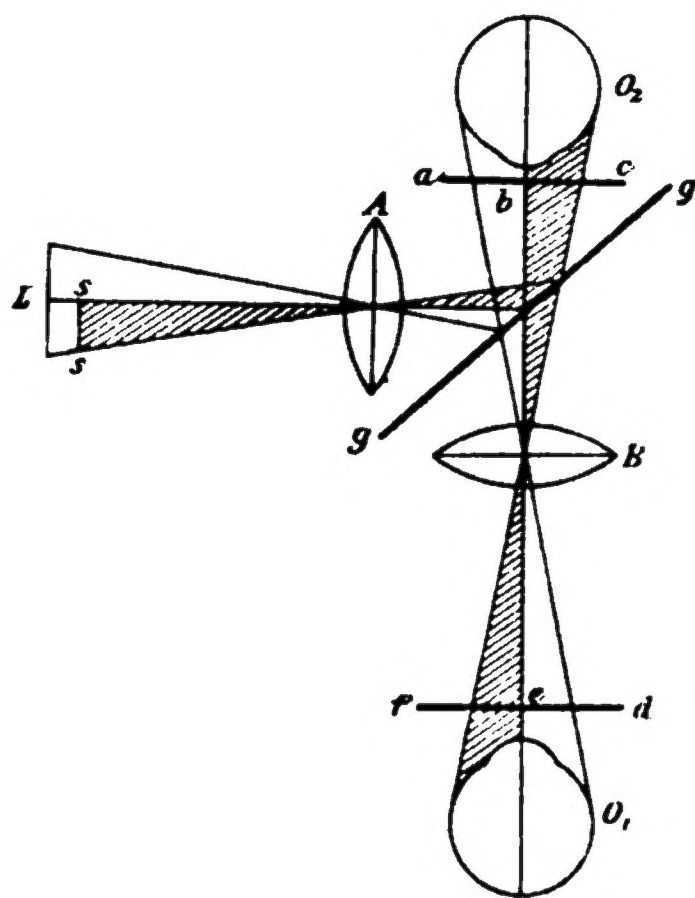


Fig. 4.

Reflexion zu benutzen, da sie erstens nur wenig von dem einfallenden Lichte reflectirt, man also einer sehr starken Lichtquelle bedarf, zweitens aber auch, wenn sie hell beleuchtet ist, diffus nach allen Seiten leuchtet und deshalb die Deutlichkeit des Bildes beeinträchtigt, sie wird besser ersetzt durch ein total reflectirendes Prisma, welches, da es nicht durchsichtig ist, nur die eine Hälfte der Pupille von O_2 verdecken darf.

Gesichtsfeld und Vergrößerung.

Nachdem es so gelingt, den Reflex vollständig zu beseitigen, haben wir nun die Bedingungen zu betrachten, unter denen ein möglichst großes Gesichtsfeld in starker Vergrößerung und mit möglichst großer Helligkeit gesehen wird. Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, daß stets die Augen des Beobachters und des Beobachteten emmetropisch seien, ferner will ich immer von dem Lichtverlust absehen, der durch Reflexion und Absorption durch die verschiedenen Linsen entsteht, da er doch von zu geringer Bedeutung ist und die Betrachtung sehr erschweren würde.

Wenn man sich zunächst den Augenhintergrund selbstleuchtend denkt, so geht von jedem Punkt desselben ein divergenter Strahlenkegel aus, dessen Basis der Pupillarrand der Iris ist. Durch Brechung an den verschiedenen brechenden Flächen wird derselbe in einen Strahlencylinder verwandelt, so daß der Punkt, von dem er ausgeht, in unendlicher Entfernung zu liegen scheint. Man kann sich also, um sich über die Gesetze der Vergrößerung und des Gesichtsfeldes klar zu werden, folgende Vorrichtung denken: In einem Zimmer sei das Fenster mit undurchsichtigem Papier bedeckt, in dem sich eine kreisrunde Oeffnung von der Größe der erweiterten Pupille, also etwa von 8 mm Durchmesser befindet. Dann stellen die Strahlenbüschel, die von den Punkten der durch das Fenster sichtbaren Gegenstände, also etwa der gegenüberliegenden Häuser kommen, ebensolche Cylinder dar, wie die von den Punkten des Augenhintergrundes kommenden Büschel, wenn der Hintergrund selbstleuchtend wäre, nach dem Austritt aus dem Auge darstellen würden. Zwar sind es in Wirklichkeit bei unserem Vergleich sehr spitze Kegel, die wir aber für diese Betrachtung ohne Weiteres als Cylinder ansehen können. Es gleicht also der Strahlengang zwischen Beobachter

und Fenster vollständig demjenigen zwischen Beobachter und Iris des beobachteten Auges, nur auferhalb des Fensters ist er nicht derselbe wie innerhalb des Auges des Beobachteten. Betrachtet man nun in diesem Beispiel die StraÙe zunächst ohne Zuhülfenahme von Linsen mit dem bloßen Auge, was also der Betrachtung im aufrechten Bilde entspricht, so sieht man ein deutliches Bild, wenn das Auge des Beobachters für unendliche Entfernung eingestellt ist. Dasselbe ist weder vergrößert noch verkleinert. Wir wollen es als natürliche Angulargröße bezeichnen. Dieser natürlichen Angulargröße entspricht die Vergrößerung des aufrechten Bildes, die wir auch als die natürliche Angulargröße des Augenhintergrundes bezeichnen können, ohne daß wir uns darüber klar zu werden brauchen, wie stark nun dieses aufrechte Bild gegenüber dem Bilde des Augenhintergrundes, wenn man ihn auferhalb des Auges sehen würde, vergrößert erscheint.

Das Gesichtsfeld, das man überblickt, ist abhängig von der Entfernung, in der man sich von der Oeffnung im Fenster hält, es wird desto größer, je mehr man sich annähert, und es wird unbeschränkt, wenn man so nahe herangehen könnte, daß man sich mit seiner Iris in der Oeffnung befindet. Sind die Pupille des Beobachters und die Oeffnung im Fenster centriert, so erscheint die Mitte des Gesichtsfeldes am hellsten, während dasselbe nach dem Rande zu an Helligkeit abnimmt. Die Größe des Gesichtsfeldes kann man als einen sehr einfachen Ausdruck darstellen, wenn man dasselbe nur bis zu den Punkten berücksichtigt, deren Helligkeit $\frac{1}{2}$ der größten Helligkeit der in der Mitte gelegenen Punkte ist. Peripher von diesen Punkten nimmt nämlich das Gesichtsfeld so schnell an Helligkeit ab, daß man diesen äußersten Theil vernachlässigen kann. Mit ziemlicher Annäherung treffen bei diesen Grenzpunkten die Hauptstrahlen der Netzhautpunkte des Beobachters den Rand der Oeffnung im Fenster, und es ist die Tangente des halben Gesichtswinkels, den man übersieht, gleich dem Radius der Oeffnung, dividirt durch die Entfernung des vorderen Knotenpunktes des beobachtenden Auges von derselben. Statt der letzteren Größe kann man ohne größeren Fehler die Entfernung der Irisebene des Beobachters von der Oeffnung im Fenster setzen. Statt das Gesichtsfeld durch einen Winkel auszudrücken, ist es nun bequemer, dasselbe ein für alle Mal durch einen Bruch zu bezeichnen, dessen Zähler

der Durchmesser der Oeffnung im Fenster und dessen Nenner die Entfernung derselben von der Iris des Beobachters ist, d. h. durch die doppelte Tangente des halben Gesichtswinkels. Da man sich nun dem menschlichen Auge bei der gewöhnlichen Untersuchung im aufrechten Bilde nie mehr als etwa 5 cm nähern kann, aus Rücksicht auf den nothwendigen Beleuchtungsapparat, so kann auch das Gesichtsfeld bei dieser Betrachtungsweise nie größer werden als $\frac{8}{50} = \text{etwa } \frac{1}{6}$, oder in Winkelgraden ausgedrückt, 9° . Dieses Gesichtsfeld übersieht man aber nicht gleichzeitig in allen Punkten, da immer nur ein Theil desselben beleuchtet ist, und man durch Drehung des Spiegels erst nacheinander die einzelnen Punkte beleuchten kann.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man ein optisches System zwischen der Oeffnung im Fenster und dem eigenen Auge einschaltet. Wir wollen zunächst den Fall betrachten, daß man eine Convexlinse benutzt. Damit dann die Oeffnung im Fenster nicht als Gesichtsfeldblende wirkt, muß ein Bild derselben in der Irisebene des Beobachters entstehen. Das Gesichtsfeld ist dann durch den Rand der Linse begrenzt, und wir haben als GröÙe desselben:

$$\frac{\text{Durchmesser der Convexlinse.}}{\text{Entfernung der Convexlinse von der Iris.}}$$

Die Angularvergrößerung verhält sich dabei stets zur natürlichen AngulargröÙe, wie der Durchmesser der Oeffnung im Fenster zu dem Durchmesser des Bildes, das von ihr durch die Linse auf der Pupille des Beobachters entworfen wird. Die Gegenstände auf der StraÙe erscheinen also dann in natürlicher AngulargröÙe, wenn das von der Convexlinse auf der Iris des Beobachters entworfene Bild der Oeffnung im Fenster so groß wie die Oeffnung selbst ist, verkleinert, wenn sie größer, vergrößert, wenn sie kleiner abgebildet wird. Nun muß das Auge so weit von der Convexlinse entfernt sein, daß das Bild der StraÙe, welches eine Brennweite von der Linse entfernt liegt, deutlich gesehen wird. Durch die nothwendige Anspannung der Accommodation wird die GröÙe des Bildes auf der Netzhaut des Beobachters nur sehr unwesentlich geändert, dagegen entsteht das Gefühl einer scheinbaren Verkleinerung.

Wenden wir nun diese Betrachtung auf die Beobachtung im umgekehrten Bilde an. Die dazu am meisten gebrauchte Convexlinse hat 30 mm Durchmesser und 75 mm Brennweite. Um das

Bild deutlich zu sehen, hält man sich etwa 225 mm von dem Luftbilde entfernt, also von der Linse selbst 300 mm = 4 f . Die Iris des Beobachters wird dann von der Linse in der Entfernung $\frac{4}{3} f = 100$ mm abgebildet in 3facher linearer Verkleinerung. An dieser Stelle muß die Iris des Beobachteten liegen, um nicht als Gesichtsfeldblende zu wirken. Das Bild besitzt also $\frac{1}{3}$ der natürlichen Angulargröße, also $\frac{1}{3}$ der Größe des aufrechten Bildes. Das Gesichtsfeld ist $\frac{30}{300} = \frac{1}{10}$ oder in Winkelgraden 6°. Da dieses Gesichtsfeld aber alle Theile nur $\frac{1}{3}$ so groß zeigt, wie bei der Betrachtung im aufrechten Bild, so entspricht es einem Gesichtsfeld von $\frac{8}{10}$ des Augenhintergrundes.

Wenn man nun die Forderung stellt, daß die Vergrößerung diejenige des aufrechten Bildes sein soll, und dabei doch ein größeres Gesichtsfeld als $\frac{1}{6}$ übersehen werden soll, so kann man dies nur durch Einschaltung eines optischen Systems erreichen, welches die Pupille des Beobachteten in ihrer natürlichen Größe auf der Pupille des Beobachters abbildet. Verwendet man dazu eine Convexlinse, so muß sie in der Mitte zwischen den beiden Pupillen sich befinden, um je zwei Brennweiten von jeder derselben entfernt; und die Brennweite muß so groß gewählt werden, daß durch Accommodationsanspannung das Luftbild noch scharf gesehen werden kann, oder man muß dicht vor dem Auge noch eine zweite Convexlinse anbringen. Die größte Apertur, die man, um ein brauchbares Bild zu erhalten, bei dieser Anordnung anwenden darf, ist $\frac{1}{2} f$. Das Gesichtsfeld ist in diesem Falle

$$= \frac{\text{Durchmesser der Convexlinse}}{\text{Entfernung der Convexlinse vom Auge}} = \frac{1}{2} \text{ der Apertur} = \frac{1}{4}.$$

Man erreicht also schon einen geringen Vortheil gegenüber der Betrachtung ohne Zuhülfenahme einer Linse.

Eine erhebliche Vergrößerung des Gesichtsfeldes erhält man jedoch durch Anwendung von zwei Convexlinsen von gleicher Brennweite, die so angeordnet sind, daß die Pupille des Beobachteten im vorderen Brennpunkt der einen, die des Beobachters im hinteren Brennpunkt der zweiten sich befindet, und die um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind, die also ein teleskopisches System darstellen.

In der Fig. 5 stellen die punktierten Linien diejenigen Hauptstrahlen dar, welche die Grenzen des Gesichtsfeldes bilden, während die ausgezogenen Linien den Verlauf des von einem Punkte

des Hintergrundes ausgehenden Strahlenbüschels bedeuten. Man sieht, daß das Gesichtsfeld nur von dem Rand der Linsen begrenzt wird, und daß die Hauptstrahlen zwischen den beiden Linsen parallel verlaufen, so daß eine Veränderung der Entfernung der beiden Linsen von einander, falls nur stets die Entfernung der Pupille eines jeden Auges von der ihm zunächst stehenden Linse dieselbe bleibt, keinen Einfluss auf die Größe des Gesichtsfeldes und auf die Angularvergrößerung hat, sondern daß dadurch nur der Ort des Bildes geändert wird. Das Gesichtsfeld wird hier gleich der Apertur der Convexlinsen. Sind beide

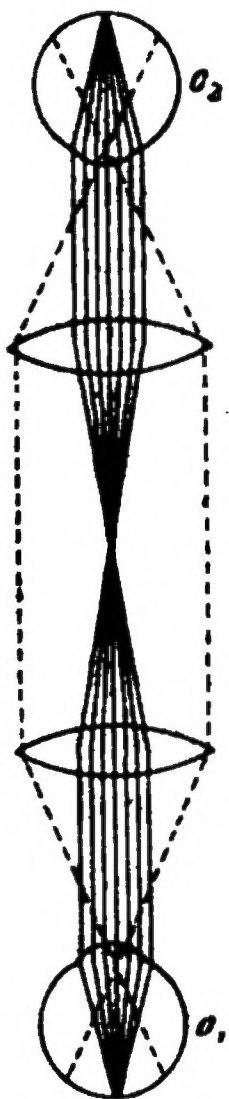


Fig. 5.

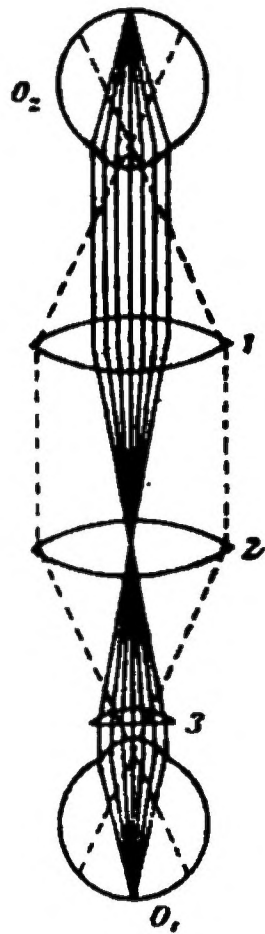


Fig. 6.

Augen emmetropisch und soll nicht die Accommodation angespannt werden, so sieht der Beobachter ein deutliches Bild, wenn die Entfernung der beiden Linsen gleich der doppelten Brennweite ist.

Hierbei hat das Bild aber nun den Fehler, daß es ziemlich stark chromatisch ist und in der Randzone nicht scharf erscheint, da die Bildfläche zu stark gewölbt ist. Diese Fehler lassen sich beseitigen, wenn man die Convexlinsen soweit einander nähert, ohne daß die Entfernung eines jeden Auges von der ihm zunächst stehenden Linse geändert wird, daß ihre Entfernung gleich der einfachen Brennweite ist. Das Bild entsteht dann an dem Orte der dem Beobachter zunächst stehenden Convexlinse,

und um dasselbe scharf zu sehen, muß derselbe es durch eine dritte Convexlinse von derselben Brennweite betrachten, die dicht vor seinem Auge angebracht ist (Fig. 6). Bei dieser Anordnung hat man nun den Vorthail, daß das Bild nahezu frei von Farberzerstreuung ist, und daß es in der ganzen Ausdehnung gleichmäßig scharf erscheint. Es bleibt noch eine geringe Wölbung des Bildes nach der Seite des Beobachters zu übrig, die sich aber für den vorliegenden Zweck als vortheilhaft erweist, da die Netzhaut des beobachteten Auges stark nach der entgegengesetzten Seite gewölbt ist, und sich diese beiden entgegengesetzten Wölbungen compensiren. Bei Refractionsanomalien kann man dadurch ohne Weiteres scharf einstellen, daß die Entfernung zwischen den beiden Convexlinsen 1 und 2 in gewissen Grenzen geändert wird, für hochgradige Hypermetropie oder Myopie wird die Convexlinse 3 durch eine stärkere oder schwächere ersetzt. Die Apertur der Linsen 1 und 2 kann man, ohne das Bild zu verschlechtern, auf $\frac{2}{3} f$ steigern. Das Gesichtsfeld ist also ebenfalls $= \frac{2}{3}$ oder $= 37^\circ$, wird also trotz der 3 Mal so starken linearen Vergrößerung noch 5 Mal so groß in der Fläche als das Gesichtsfeld des umgekehrten Bildes bei Anwendung der gewöhnlichen Dreizoll-Linse, welches nur $\frac{3}{10}$ des Hintergrundes umfaßt. Es läßt sich nun bei diesem System berechnen, daß, wenn der Abstand der beiden Pupillen $= 3 f$ constant bleibt und die Entfernung der drei Linsen von einander ebenfalls constant, das System als Ganzes zwischen den beiden Augen in der Richtung der Axe verschoben werden kann, ohne etwas an Vergrößerung oder Gesichtsfeld zu ändern; nur muß der Durchmesser der Linse 3, wenn sie sich weiter vom Auge entfernt, grösser werden. Das System kann also innerhalb gewisser Grenzen eine jede beliebige Stellung einnehmen. Betrachtet man dasselbe als astronomisches Fernrohr, so würde die Convexlinse 1 dem Objectiv, 2 der Collectivlinse und 3 dem Ocular entsprechen. Es weicht jedoch insofern von einem solchen ab, als Objectiv und Collectivlinse verhältnismäßig sehr grossen Durchmesser haben, und die Gegenstände nicht vergrößert, sondern in natürlicher Angulargröße abgebildet werden.

Natürlich kann das Gesichtsfeld nur dann vollständig überblickt werden, wenn es auch in seiner ganzen Ausdehnung beleuchtet wird. Es ist also nothwendig, zur Beleuchtung ein eben solches System zu verwenden, wie zur Beobachtung, und mit

diesem läßt sich das oben angegebene Princip der Blende, um ein reflexloses Bild zu erhalten, leicht combiniren.

Die Helligkeit des ophthalmoskopischen Bildes.

Wir kommen nun zu der Frage, welche Helligkeit das ophthalmoskopische Bild hat. Dies können wir aus folgenden Gesetzen ableiten:

1. Ein Punkt des Augenhintergrundes des Beobachteten kann nur dann vom Beobachter gesehen werden, wenn ein Theil der Strahlen, die er im leuchtenden Zustande aussenden würde, zur Lichtquelle, ein Theil zur Pupille des Beobachters gelangt.

2. Ein Punkt des Augenhintergrundes des Beobachteten ist dann maximal beleuchtet, wenn alle Strahlen, die er im leuchtenden Zustande aussenden würde, auf Theile der Lichtflamme auftreffen. Die Beleuchtung ist dann proportional der Gröfse der Pupille.

3. Der Augenhintergrund des Beobachteten wird dann mit maximaler Helligkeit vom Beobachter gesehen, wenn alle Strahlen, die ein Punkt des Augenhintergrundes des Beobachters im leuchtenden Zustande aussenden würde, auf die Pupille des Beobachteten auftreffen. Die Helligkeit ist dann proportional der Gröfse der Pupille des Beobachters.

Der dritte Satz ergibt sich aus dem zweiten, indem an Stelle der Lichtflamme der Augenhintergrund des Beobachteten, und an Stelle des Beobachteten der Beobachter gesetzt wird. Nehmen wir hierzu zunächst ein Beispiel:

Von einem bestimmten Punkt des Augenhintergrundes geht stets ein Strahlenkegel aus, der als Cylinder paralleler Strahlen das Auge verläßt. Der Durchmesser dieses Cylinders ist gleich dem Durchmesser der Pupille. Befindet sich nun irgendwo auf dem Wege des Cylinders eine gleichmäfsig leuchtende Lichtquelle, die gröfser als die Pupille ist, so treffen alle Strahlen dieses Cylinders auf Theile der Flamme auf, und ebenso gehen von denselben Punkten der Flamme Strahlen auf dem Wege des Cylinders zu dem betreffenden Punkte des Augenhintergrundes hin. Da der Cylinder überall denselben Querschnitt hat, so ist auch die Entfernung der Lichtquelle ohne Bedeutung. Stets treffen alle Strahlen, die von dem Punkte des Augenhintergrundes ausgehen, auf Theile der Flamme auf, und deshalb ändert sich die Helligkeit nicht mit der Entfernung, so lange es sich um

endliche Verhältnisse handelt. Schaltet man zwischen Auge und Lichtflamme ein Linsensystem ein, so bilden die Strahlen, die von einem Punkte kommen, nicht mehr einen Cylinder, sondern Kegel, deren Durchmesser auf jedem Querschnitt ein anderer ist. Bringt man nun die Lichtflamme an irgend eine Stelle eines solchen Strahlenkegels, so ist der Punkt dann noch ebenso hell beleuchtet wie vorher, wenn der ganze Querschnitt von der Flamme ausgefüllt wird. Befindet sich die Flamme nahe der Spitze des Kegels, so kann sie sehr klein sein, befindet sie sich an einer Stelle von grossem Querschnitt, so muß sie grosse Ausdehnung haben.

In der Fig. 7 ist es gleichgültig, ob die Lichtflamme an der Stelle 1 die Grösse ab hat oder an der Stelle 2 die Grösse cd . Befindet sich aber an irgend einer Stelle ein Diaphragma, z. B. in 3 und dahinter erst die Lichtquelle in 4, so ist die Helligkeit der Beleuchtung für den Punkt p nur noch ein Theil der maximalen, sie verhält sich zu derselben wie die Oeffnung im Diaphragma zu dem Querschnitt des Strahlenkegels in 3. Wenden wir nun diese Betrachtung auf den Augenspiegel an: Wir wollen dabei nur immer die Helligkeit für die in der Mitte des Gesichtsfeldes gelegenen Punkte berechnen und eine Lichtquelle von nahezu gleichmässiger Intensität, z. B. Petroleum- oder Gaslicht, annehmen.

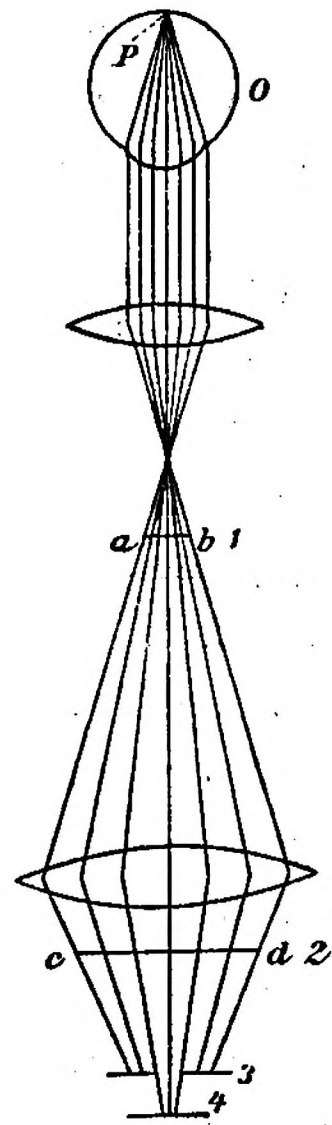


Fig. 7.

Im aufrechten Bilde wird der von einem Punkte des Augenhintergrundes des Beobachteten kommende Strahlencylinder von dem gewöhnlich gebrauchten Planspiegel nach der Lichtquelle reflectirt und ändert dabei seinen Querschnitt nicht. Er trifft also nur auf Stellen der Flamme auf, wäre also maximal beleuchtet. Der Spiegel selbst bildet aber ein Diaphragma, indem die Stelle, wo die Oeffnung zum Durchsehen sich befindet, nicht mehr für die Reflexion in Betracht kommt. Die erweiterte Pupille

habe 8 mm Durchmesser. Dann können wir die maximale Helligkeit einfach durch den Flächeninhalt der Pupille in Quadratmillimetern ausdrücken. Sie ist dann $= 16 \pi$. Die Oeffnung im Spiegel habe 4 mm Durchmesser, sie nimmt also den vierten Theil des Strahlencylinders in der Ebene des Spiegels fort, die wahre Helligkeit ist also $\frac{3}{4}$ der maximalen $= 12 \pi$. Alle von einem Punkte des Augenhintergrundes des Beobachters kommenden Strahlen treffen auf die Pupille des Beobachteten auf, da diese Cylinder nur 4 mm Durchmesser haben, die Pupille des Beobachteten 8 mm; der Hintergrund wird also mit maximaler Helligkeit gesehen. Diese Helligkeit können wir ebenfalls durch den Flächeninhalt der Oeffnung im Spiegel ausdrücken, also $= 4 \pi$. Multiplizieren wir diesen Werth mit dem für die Beleuchtung gefundenen, so erhalten wir als Gesamtergebnis für die Helligkeit des aufrechten Bildes: $48 \pi^2$.

Bei der Betrachtung im umgekehrten Bilde wollen wir wieder dieselben Constanten wie oben annehmen: Durchmesser der erweiterten Pupille: 8 mm, Entfernung der Pupille des Beobachteten von der Convexlinse von 30 mm Durchmesser und 75 mm Brennweite: $\frac{4}{3} f$, Entfernung der Linse vom Auge des Beobachters: $4f$, Durchmesser der Oeffnung im Hohlspiegel: 4 mm, Brennweite des Hohlspiegels: 150 mm. Dann hat das von einem Punkte des Hintergrundes des Beobachteten kommende Strahlenbündel in der Ebene der Convexlinse 8 mm Durchmesser, in der Ebene des Spiegels 24 mm. Von hier nimmt der Querschnitt bis zur Lichtquelle wieder ab, so daß es vollständig auf Theile der Lichtflamme auftrifft. Das Diaphragma nimmt hier nur $\frac{1}{36}$ des Querschnitts ein, die Helligkeit der Beleuchtung ist $\frac{35}{36}$ der maximalen, also $= \frac{35}{36} \cdot 16 \pi = 15,6 \pi$. Das Strahlenbündel, das von einem Punkte des Augenhintergrundes des Beobachtenden kommt, hat wieder 4 mm Durchmesser, in der Ebene der Pupille des Beobachteten $\frac{4}{3}$ mm Durchmesser, trifft also vollständig auf dieselbe auf. Es wird der Hintergrund also mit der maximalen Helligkeit 4π gesehen. Als Product ergibt sich: $15,6 \pi \cdot 4 \pi = 62,4 \pi^2$ als Helligkeit des umgekehrten Bildes, also eine erheblich größere Helligkeit wie im aufrechten Bilde.

Beschreibung des Apparates.

Nachdem ich so die allgemeinen Gesetze, die für die Beobachtung des ophthalmoskopischen Bildes gelten, betrachtet

habe, will ich dazu übergehen, den von mir construirten Apparat zu beschreiben, von dem ich zunächst in Fig. 8 einen horizontalen Durchschnitt gebe. O_2 sei das Auge des Patienten, O_1 das des Arztes. Die Entfernung der Pupillen beider Augen beträgt, wenn beide emmetropisch sind, 22,5 cm. AB und CD sind zwei biconvexe Linsen aus gewöhnlichem Crown-glas, deren Brennweite gleich ist und 7,5 cm beträgt. Ihr Durchmesser ist 5 cm. EF ist eine kleinere planconvexe Linse von ebenfalls 7,5 cm

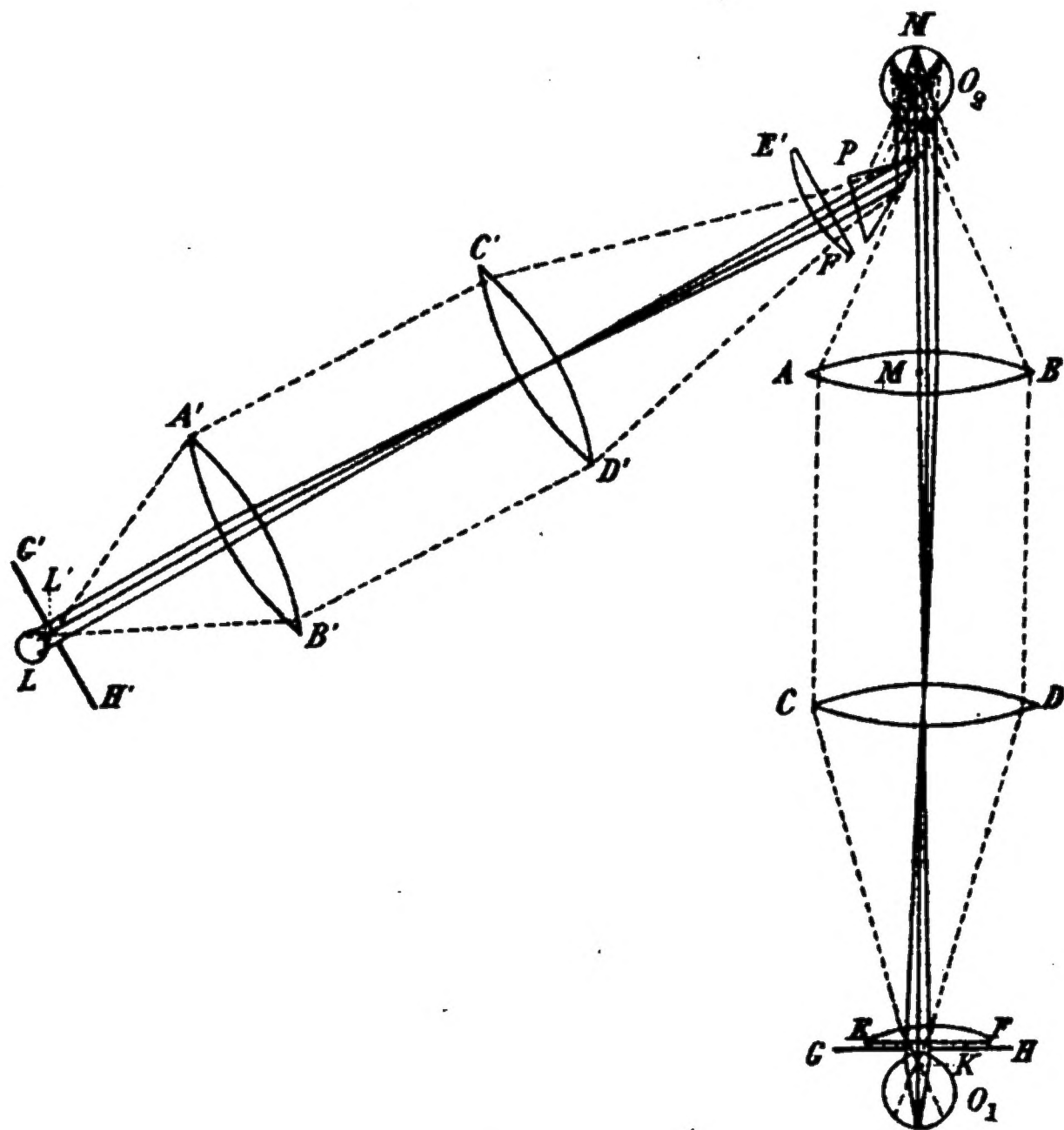


Fig. 8.

Brennweite. Die Pupille von O_2 steht ungefähr im Brennpunkt von AB . Die Entfernung zwischen AB und CD ist 7,5 cm, CD und EF ebenfalls 7,5 cm; sämtliche Linsen sind centriert. Die ausgezogenen Strahlen bezeichnen den Verlauf des von einem Punkt der Netzhaut ausgehenden Strahlenbüschels, die punktierten die Grenzen der gesamten Strahlenbüschel. Vor der Pupille von O_2 ist das total reflectirende Prisma P angebracht, so dass es die halbe Pupille verdeckt und mit einer seiner beiden gleichen Katheten 1 cm von der Hornhaut entfernt bleibt. Dasselbe führt Licht zu von einer kleinen Petroleumflamme L durch die

3 Linsen $A'B'$, $C'D'$ und $E'F'$, die in Gröfse, Brennweite und Entfernung von einander AB , CD und EF entsprechen. Man sieht aus der Figur, daß die gesammten Strahlenbüschel wieder die Pupille des Beobachters durchlaufen, also nichts aus dem Gesichtsfeld herausgeschnitten wird; ferner, daß die von einem Punkte ausgehenden sich wieder auf der Netzhaut des Beobachters schneiden, also ein scharfes Bild entsteht. Dicht vor der Lampe ist eine Blende $G'H'$ mit halbkreisförmiger Oeffnung von 4 mm Radius angebracht. Die gerade Begrenzung des Halbkreises steht vertical und schneidet die optische Axe, während die Peripherie nach G' gerichtet ist, so daß das Bild dieses kleinen Halbkreises von den Linsen $A'B'$, $C'D'$ und $E'F'$ nach totaler Reflexion im Prisma P genau auf dem Theil der Hornhaut, der in der Figur links an MM angrenzt, entworfen wird; der Theil der Hornhaut rechts von MM bleibt dunkel, wohl aber empfängt die Netzhaut rechts von MM Licht. Dadurch müssen alle Strahlen, die von der Hornhaut reflectirt werden, wieder rechts von der Oeffnung in der Blende GH fallen, und es gelangt nach O_1 nur Licht von der Netzhaut des Patienten durch den unbeleuchteten Theil der Hornhaut rechts von MM hindurch, so daß jeder Reflex fortfällt.

Das Gesichtsfeld und die Vergrößerung für diese Anordnung ist auf S. 305—307 berechnet worden, es ergab sich ein Gesichtsfeld von 37° bei der Vergrößerung des aufrechten Bildes, es bleibt noch die Berechnung der Helligkeit nach den auf S. 308—310 entwickelten Grundsätzen übrig.

Nur die Hälfte des Strahlenbündels, das von einem Punkte des Augenhintergrundes des Beobachteten kommt, geht hier zur Lichtquelle. Die Beleuchtung ist also die Hälfte der maximalen, also $\frac{1}{2} \cdot 16 \pi = 8 \pi$. Das Strahlenbündel, das von einem Punkte des Augenhintergrundes des Beobachters kommt, kann stets vollständig auf die Pupille des Beobachteten auftreffen, da die Oeffnung im Diaphragma, durch welche der Beobachter hindurchsieht, sich vollständig auf der Hälfte der Pupille des Beobachteten in natürlicher Gröfse abbildet. Die Helligkeit ist hier immer maximal und sie kann so groß werden, bis die Pupille des Beobachters so groß wie die halbe Pupille des Beobachteten wird; und dies kann man annehmen, da die Intensität des Lichtes, das vom Augenhintergrunde kommt, nur sehr schwach ist, also die Pupille sich bei der Beobachtung desselben stark erweitert.

Sie ist dann $= 8 \pi$. Wir haben also als Product $8 \pi \cdot 8 \pi = 64 \pi^2$, also ebenso grofse Helligkeit wie im umgekehrten Bilde. Man hat dabei noch den Vortheil, dafs der Beobachtete nur halb so stark auf jeder Stelle seiner Netzhaut geblendet wird, wie bei der gewöhnlichen Betrachtung im umgekehrten Bilde.

In Figur 8a ist der Strahlengang im Innern des Auges O_2 und in der Umgebung desselben in etwas gröfserem Maafsstabe wiedergegeben. Man sieht drei Bündel unter sich paralleler Strahlen die Pupille von O_2 verlassen. Das mittlere, dessen Strahlen ausgezogen gezeichnet sind, geht von dem Punkte M

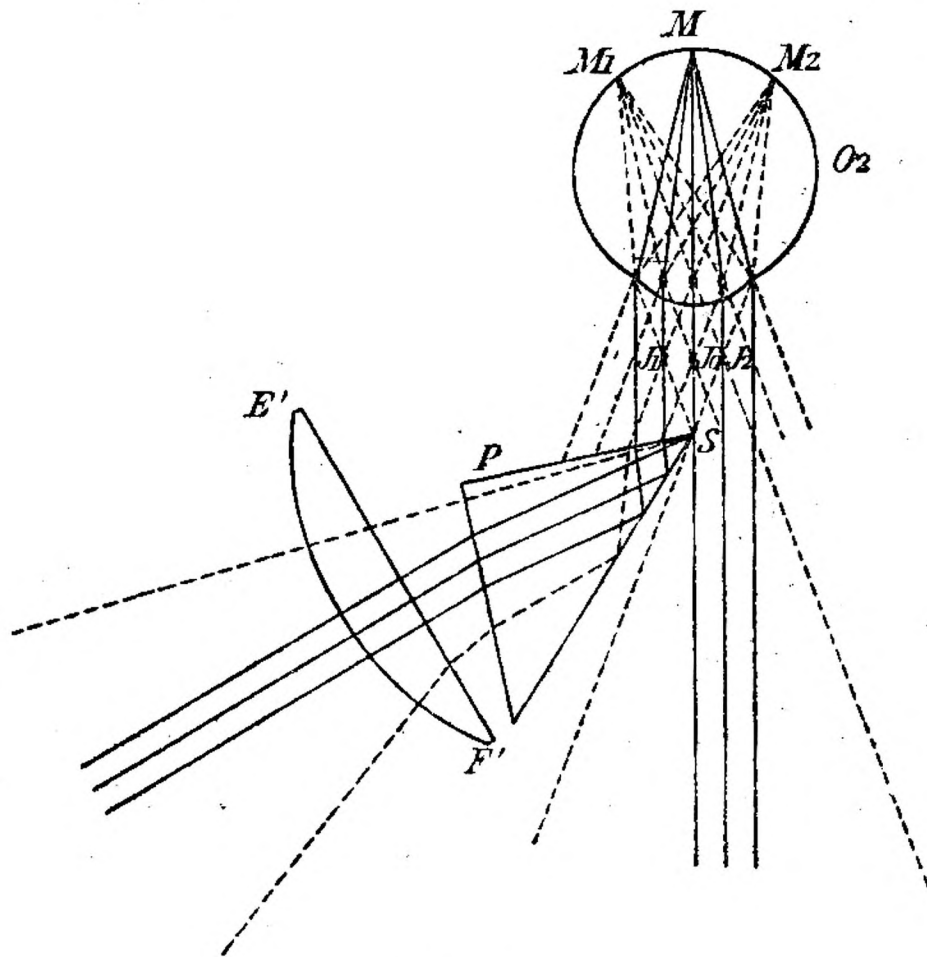


Fig. 8a.

der Netzhaut aus, das nach rechts abgehende von M_1 , das nach links abgehende von M_2 . Nur die linke Hälfte eines jeden dieser drei Cylinder oder ein Theil derselben dient zur Beleuchtung des entsprechenden Netzhautpunktes und nur die rechte Hälfte oder ein Theil derselben zur Beobachtung. Man sieht, dafs nur solche Punkte gleichzeitig beleuchtet und beobachtet werden können, von denen aus Strahlen sowohl zum Punkte J_1 , dem Bilde von L' (Fig. 8), wie zu J_2 , dem Bilde von K (Fig. 8) gehen. Diese Punkte J_1 und J_2 liegen auf der Mitte der Verbindungslinien der Spitze des Prismas mit dem linken und rechten Rande der Pupille von O_2 . Ihre Entfernung von einander ist gleich dem halben Pupillendurchmesser. M_1 und M_2 stellen also die Grenzen des Gesichtsfeldes dar. Die Gröfse desselben ist also

$$= \frac{J_1 J_2}{J_0 S} \text{ oder } = \frac{\text{Durchmesser der Pupille}}{\text{Entfernung der Iris von der Spitze des Prismas}}$$

Nehmen wir an, daß die Entfernung der Iris von der Spitze des Prismas 10 mm betrage, so muß die Pupille von O_2 einen Durchmesser von 6,7 mm haben, damit das Gesichtsfeld in horizontaler Richtung, wie oben berechnet, $\frac{2}{3}$ betrage. Ist die Pupille kleiner, so wird das Gesichtsfeld des Apparates in horizontaler Richtung nicht vollständig ausgenutzt, dagegen bleibt es in verticaler Richtung unverändert. Man sieht auch ferner aus Figur 8a, daß die Helligkeit der einzelnen Netzhautpunkte nach beiden Seiten hin allmählich abnimmt, während sie für vertical unter einander liegende Punkte stets die gleiche ist. Diese Helligkeitsabnahme ist aber praktisch nicht von großer Bedeutung.

Was nun die äußere Form des Apparates anbetrifft, dessen Totalansicht von der Seite des Beobachters aus ich in der Fig. 10 wiedergebe, so besteht er aus zwei Rohren, die unter spitzem Winkel zu einander stehen. An der Spitze dieses Winkels steht das Prisma, und dort befindet sich auch die Oeffnung, in die der Patient hineinsieht. Das Rohr, das zur Beobachtung dient, läßt sich ausziehen und einschieben und so für die verschiedenen Refraktionszustände einstellen. Für hochgradige Hypermetropie und Myopie sind zwei andere Oculare vorhanden, die leicht gegen das dritte ausgewechselt werden können. Am Ende des Be-

leuchtungsrohres befindet sich eine Petroleumlampe und dicht vor dieser die Blende, welche einen Ausschnitt trägt, der die Form und Größe der halben Hornhaut hat (s. Fig. 9).

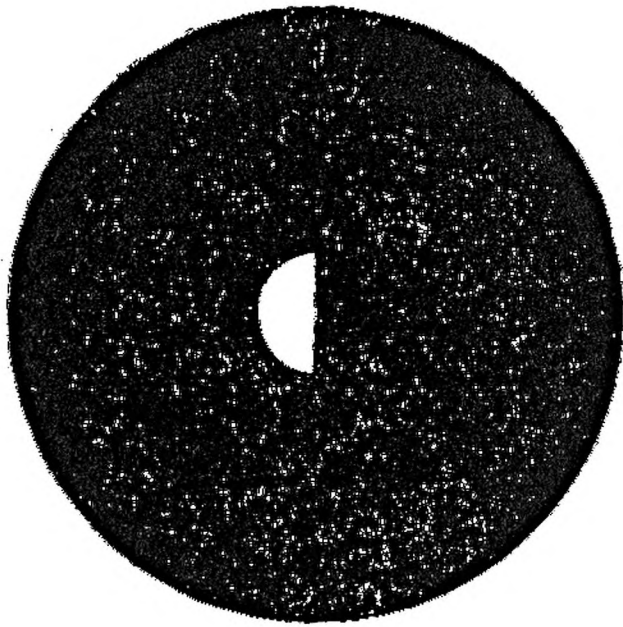


Fig. 9.

Der Apparat als Ganzes ist mit der Lampe fest verbunden und läßt sich mit dieser zusammen durch eine Schraube auf und ab bewegen, durch eine zweite Schraube von links nach rechts. Diese Bewegungen sind notwendig, um allen Be-

wegungen des Auges des Patienten leicht folgen zu können. Der Patient stützt das Kinn auf einen Halter, der vorn am Apparat angebracht ist. Es ist nun noch eine Vorrichtung notwendig, um die richtige Stellung des Apparates zu dem Auge

finden zu können. Dazu befindet sich rechts vom Beobachtungsröhr ein Kasten, in dem zwei Prismen angebracht sind. Das eine dient zur Einstellung für den Beobachter selbst, während er den Patienten untersucht, das zweite gestattet es einer rechts vom Apparat befindlichen Person, für einen Ungeübten den Apparat einzustellen.

Es gelingt nun in der That leicht, bei erweiterter Pupille ein großes Gesichtsfeld zu übersehen. Man sieht gleichzeitig

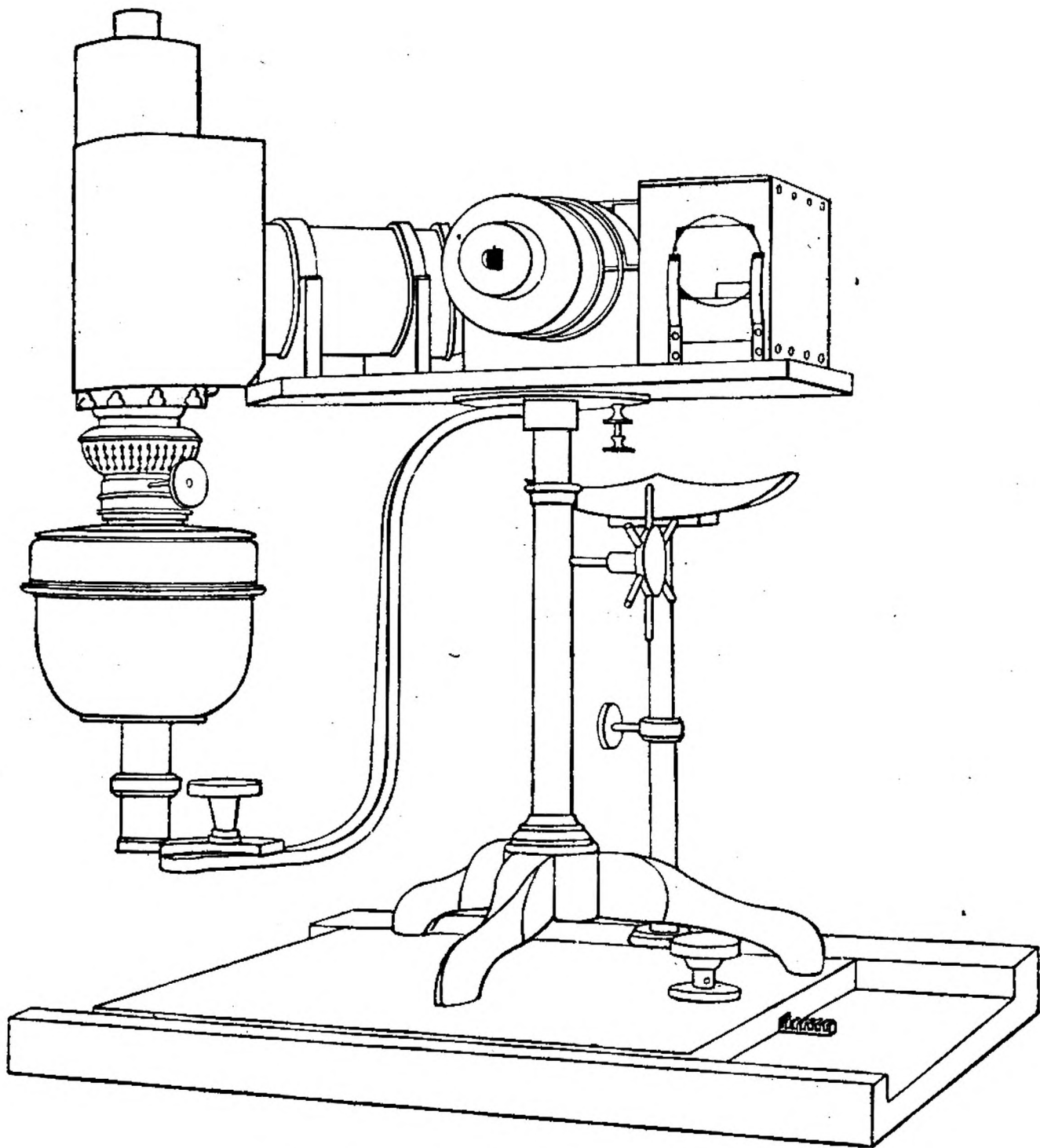


Fig. 10. Ansicht des Apparates.

die Macula und die Papille des Sehnerven, wenn der Blick des Beobachteten so gerichtet ist, daß dieselben sich an den entgegengesetzten Seiten des Gesichtsfeldes befinden. Die Vergrößerung ist so stark wie im aufrechten Bilde, und bei keiner Blickrichtung tritt ein Reflex auf. Man kann den Apparat sowohl zur Vorführung des ophthalmoskopischen Bildes für einen Ungeübten als auch selbst zur eingehenden Beobachtung benutzen. Obgleich die Vergrößerung keine stärkere ist als sonst

die des aufrechten Bildes, so gelingt es doch, noch feinere Einzelheiten zu erkennen, weil die Beobachtung bedeutend bequemer ist, und man sich die einzelnen Stellen viel länger betrachten kann. So sieht man z. B. in der Umgebung der grösseren Gefässstämme eine feine Längsstreifung, die ich für die Ausbreitung der marklosen Nervenfasern halte. Eine künstliche Erweiterung der Pupille ist bei den meisten Patienten nothwendig, da dieselbe sich wegen der Grösse des gleichzeitig beleuchteten Feldes gewöhnlich zu stark zusammenzieht. Zur Erweiterung benutzt man am besten reines Homatropin ohne Cocainzusatz, da bei letzterem manchmal leichte Veränderungen an der Hornhaut eintreten, die die Güte des Bildes beeinträchtigen. Bei der Beobachtung von Thieraugen, die weniger gut wie das menschliche gebaut sind, z. B. von Kaninchen, dürfte es sich empfehlen, den Apparat so zu schrauben, daß nur $\frac{1}{8}$ der Pupille zur Beleuchtung benutzt wird, und $\frac{2}{3}$ zur Beobachtung, damit man durch den mittleren Theil des Auges, welcher die besten Bilder giebt, hindurchblicken kann. Ebenso wie sonst der Augenspiegel zur Refractionsbestimmung benutzt wird, lassen sich natürlich auch die verschiedenen Methoden derselben mit diesem Apparate combiniren; auch dürfte damit die Photographie des ophthalmoskopischen Bildes keine besonderen Schwierigkeiten bereiten. Die Anfertigung des Apparates hat die Firma FRANZ SCHMIDT & HAENSCH zu Berlin (S. Stallschreiberstrasse 4) übernommen.

(Eingegangen am 4. April 1899.)
