

Ueber objective Refraktionsbestimmungen mittels meines reflexlosen Augenspiegels.

Von

WALTHER THORNER.

In Band XX *dieser Zeitschrift* Seite 294—316 habe ich einen Apparat beschrieben, der ein reflexfreies Bild des Augenhintergrundes in der Vergrößerung des aufrechten Bildes und mit einem Gesichtsfeld von 37° ergibt. Am Schlusse dieser Abhandlung hatte ich die Erwartung ausgesprochen, daß mit diesem Instrumente ebenso wie sonst mit dem Augenspiegel die objectiven Refraktionsbestimmungen vorgenommen werden könnten, und ich will nun die Resultate der Versuche, die ich über diesen Punkt angestellt habe, in Folgendem darlegen.

Wenn man die Netzhaut eines emmetropischen Auges mit einem Objecte vergleicht, das in unendlicher Entfernung liegt, da ja bei beiden die von den einzelnen Punkten ausgehenden Strahlen unter sich parallel sind, so muß man die Netzhaut eines myopischen oder eines hypermetropischen Auges als ein Object ansehen, das in endlicher Entfernung hinter oder vor dem Beobachter liegt. Die objective Refraktionsbestimmung stellt nun nichts Anderes dar, als die Messung der Entfernung von einem bestimmten Nullpunkte aus, in der dieses Netzhautbild liegt, denn an demselben Orte liegt auch der Fernpunkt des Untersuchten; und ebenso, wie man das Beobachtungssystem jedes Augenspiegels mit einem Fernrohr vergleichen kann, so kann man jede zur objectiven Refraktionsbestimmung dienende Vorrichtung als einen Entfernungsmesser ansehen.

Die Methoden, die zu diesem Zwecke im Gebrauch sind, suchen im Wesentlichen den Ort des Netzhautbildes durch scharfe Einstellung entweder auf die Netzhaut des Patienten direct oder durch Entwerfen des scharfen Bildes eines Gegenstandes auf der Netzhaut des Patienten zu bestimmen. Wir wollen dieses Princip der Kürze halber im Folgenden als das Princip der scharfen Einstellung bezeichnen. Eine besondere Stellung nimmt die Skiaskopie ein, insofern hier der Bildort durch möglichst un-

scharfe Einstellung erkannt wird. Ein Object wird dann am wenigsten klar erkannt, wenn das Bild desselben ungefähr in der Irisebene des Beobachters liegt. Liegt es vor derselben, so scheint es aufrecht, liegt es hinter derselben, umgekehrt zu sein. Durch die Bewegungen des Spiegels überzeugt man sich nur in bequemer Weise, ob man es mit einem aufrechten oder umgekehrten Bilde zu thun hat, d. h. ob die eigene Irisebene hinter oder vor dem Netzhautbilde liegt.

Betrachten wir die Entfernungsmesser, die zu terrestrischen oder astronomischen Zwecken dienen, so wird das Princip der scharfen Einstellung dort am wenigsten verwandt, und zwar gewöhnlich nur da, wo wegen ungünstiger Verhältnisse, z. B. Mangel an Raum, keine der feineren Methoden benutzt werden können. Die beiden Methoden, die hier die besten Resultate ergeben, sind die Messung der Bildgröße eines bekannten Objectes, das in dem zu messenden Punkte aufgestellt wird, und die Verwendung einer Basis zur Bestimmung des Unterschiedes der Winkel, den die Visirlinien von den Endpunkten der Basis nach dem zu messenden Punkte mit der Basis selbst einschließen. Die erstere Methode muß leider ganz für die Refraktionsbestimmungen ausscheiden. Denn wir besitzen im menschlichen Augenhintergrunde keine Objecte, deren Größe constant genug wäre, um aus den geringen Unterschieden, die durch die verschiedene scheinbare Entfernung derselben in der Größe des Bildes entstehen, einen sicheren Schluß auf die Refraction zu ziehen. Dagegen scheint die Methode der Verwendung einer Basis eher Aussicht auf Erfolg zu haben; und ich habe mit dem oben beschriebenen Apparat folgenden Versuch in dieser Richtung angestellt: Vor der halbmondförmigen Oeffnung des Oculars, in welcher sich die halbe Pupille des untersuchten Auges abbildet, brachte ich ein rhombisches Prisma von 4 mm Seitenlänge so an, daß es seinerseits wieder das Bild der halben Pupille in ein oberes und unteres Viertel theilte. Den aus dem unteren Viertel kommenden Strahlen wurde der directe Durchtritt durch das rhombische Prisma ermöglicht, indem an die dem Ocular zugewandte schräge Fläche desselben, deren Silberbelag gitterförmig durchbrochen war, ein dreiseitiges Prisma angekittet wurde, dessen nach dem Ocular zu liegende Kathetenfläche parallel der Austrittsfläche des rhombischen Prismas am Auge des Beobachters lag. Die aus dem oberen Viertel der Pupille

austretenden Strahlen werden dagegen bei dieser Vorrichtung durch zweimalige Reflexion so gebrochen, daß sie parallel mit sich selbst um 4 mm nach unten verschoben werden, so daß auch diese Strahlen aus dem unteren Viertel der Pupille auszutreten scheinen. Treffen auf dieses Prisma genau parallele Strahlen auf, so erscheint der Punkt, von dem dieselben ausgehen, als einfach, da bei Parallelstrahlen eine parallele Verschiebung eines Theiles derselben keinen Unterschied bewirkt. Jedes convergente oder divergente Bündel wird dagegen in zwei Theile zerlegt, die von zwei Punkten auszugehen scheinen, welche um 4 mm von einander entfernt stehen. Man hat also das Beobachtungsrohr so einzustellen, daß der betrachtete Punkt als einfach erscheint. Die Empfindlichkeit dieser Vorrichtung ist nun für außerhalb des Auges liegende scharf begrenzte Objecte, wie z. B. eine kreisförmige leuchtende Scheibe, eine ziemlich große, besonders wenn man den Bildern eine geringe Seitendistanz giebt, so daß statt auf das Zusammenfallen der beiden Bilder auf eine gleiche Höhe derselben eingestellt wird. Man kann dann schon mit Sicherheit $\frac{1}{10}$ Dioptrie unterscheiden. Wendet man aber diese Methode auf den Augenhintergrund an, so leistet sie lange nicht dasselbe. Die Objecte, die hier zur Verfügung stehen, sind nicht so scharf begrenzt und stehen vor allen Dingen nicht ruhig genug, wie es für diese Methode erforderlich wäre, und man erhält nicht so genaue Resultate, wie nach der Methode der scharfen Einstellung, trotzdem bei dieser die Accommodation nicht ausgeschaltet wird. Der Nutzen der Verwendung einer Basis ist beim Auge auch nur ein scheinbarer. Wenn ein Basisinstrument durch ein einfaches Fernrohr ersetzt wird, dessen Objectiv ebenso großen Durchmesser besitzt, als die Länge der Basis beträgt, so werden die Zerstreungskreise nicht unendlich entfernter Objecte in der Brennebene ebenso groß, als die Distanz der von den beiden Standpunkten des Basisapparates visirten Bildpunkte, wenn ein unendlich weit entfernter Punkt in beiden Bildern zur Deckung gebracht wird, beträgt. Man verwendet nur in Wirklichkeit solche Objective wegen ihrer Größe nicht. Beim Auge aber haben wir diesen Fall. Jede Basis muß innerhalb der Pupille fallen, und wir erreichen dieselbe Empfindlichkeit durch die Betrachtung der Zerstreungskreise als durch die Betrachtung der beiden Theilbilder. Der Vortheil bestände nur in der Ausschaltung der

Accommodation, dagegen besteht der Nachtheil, daß das Bild viel lichtschwächer wird.

Was nun die Methode der scharfen Einstellung betrifft, so wird dieselbe in zwei Formen angewandt. Entweder nur im Beobachtungssystem, dann wird die Netzhaut möglichst diffus beleuchtet, und ein scharfes Bild der Netzhaut des Untersuchten auf der Netzhaut des Beobachters erzeugt, oder gleichzeitig im Beleuchtungssystem. Zu diesem Zwecke wird das Bild einer scharf begrenzten Figur, z. B. einer elektrischen Glühschlinge oder eines leuchtenden Gitters auf der Netzhaut des Untersuchten entworfen. Bei dieser Methode muß gleichzeitig auch stets die Netzhaut des Untersuchten wiederum scharf auf der Netzhaut des Beobachters abgebildet werden, so daß das Princip eigentlich zweimal in Anwendung kommt, wenn auch das Wesentliche in der Verwendung im Beleuchtungssystem liegt. Der Vortheil dieser Anordnung besteht in der vollständigen Ausschaltung der Accommodation des Beobachters, da ein Bild, das einmal unscharf auf der Netzhaut des Untersuchten entworfen ist, nicht wieder durch Accommodation des Beobachters scharf gesehen werden kann. Um diese Methode praktisch an dem reflexlosen Augenspiegel zu erproben, habe ich das Beleuchtungsrohr desselben so umgeändert, daß es aus zwei Convexlinsen von 10 cm Brennweite und 20 cm Entfernung von einander bestand. Im Brennpunkte der einen befand sich die halbmondförmige Blende, welche vor der Lichtflamme stand, im Brennpunkte der anderen die Pupille des untersuchten Auges. Als Object diente ein photographisch hergestelltes Diapositiv von Sehproben, und zwar eine 50fache lineare Verkleinerung derselben. Dieses Diapositiv wurde zwischen die beiden Convexlinsen eingefügt und liefs sich durch Verschiebung auf die verschiedenen Refractionen einstellen. Da das Bild durch eine Convexlinse von 10 cm Brennweite vom Untersuchten betrachtet wurde und 50fach verkleinert war, so mußte es unter demselben Gesichtswinkel erscheinen, als wenn er die wirklichen Sehproben in 5 m Entfernung betrachtete, und es konnten auch deutlich von demselben die mit 5 bezeichneten Schriftzeichen erkannt werden. Der Beobachter dagegen, welcher bei der Vergrößerung des aufrechten Bildes das Bild der Sehproben auf dem untersuchten Augenhintergrunde unter demselben Gesichtswinkel wie der Untersuchte selbst erblickt, sieht nur die mit 36 bezeichneten Proben sich

erkennbar abbilden, während alle kleineren Zeichen sich vollständig verwischen. Der Grund liegt darin, daß der Augenhintergrund wegen seines Lichtabsorptionsvermögens und seiner körnigen Oberfläche keinen geeigneten Projectionsschirm darstellt, um solche reellen Bilder zu betrachten. Hierunter leidet auch wesentlich die Empfindlichkeit dieser Methode, und trotz des Vortheils der Ausschaltung der Accommodation des Beobachters gab sie nicht so gute Resultate, als die einfache scharfe Einstellung im Beobachtungsrohre.

Diese einfachste und nächstliegende Methode, welche genau der Refraktionsbestimmung im aufrechten Bilde entspricht, giebt vollständig sichere Resultate und gestattet ein sehr schnelles Urtheil über die Refraction. Es ist nur nöthig, auf den Punkt, dessen Refraction man kennen will, scharf einzustellen, und zwar das Beobachtungsrohr soweit wie möglich ausziehen, ohne daß das Bild anfängt unklar zu werden, um an einer am Apparate angebrachten Scala sofort die Refraction in Dioptrien abzulesen. Ich habe mich durch vielfache Versuche überzeugt, daß bei einiger Uebung die Fehler in den Beobachtungen unterhalb $\frac{1}{4}$ Dioptrie liegen, und es ziemlich leicht auch für Ungeübtere gelingt, die Accommodation auszuschalten, und zwar wird dies durch das langsame Ausziehen des Rohres leichter gemacht, als durch das Vorschalten der verschiedenen Gläser an den Refraktionsaugenspiegeln, die immer nur sprungweise die Einstellung ändern. Als Object dienen am besten die feinen Gefäße der Macula-Gegend. Die Refraction in der Gegend der Papille ist immerhin um 1—2 Dioptrien abweichend, so daß man das für diese Gegend gefundene Resultat nicht ohne Weiteres auf die Macula anwenden kann. Bei Astigmatismus geschieht die Bestimmung in bekannter Weise, indem auf ein Gefäß scharf eingestellt wird, das senkrecht zu dem Meridian verläuft, dessen Refraction man kennen will. Auch hier zeigt sich der gleichen Methode im aufrechten Bilde gegenüber der Vortheil des großen Gesichtsfeldes, da man stets in größserer Menge Gefäße überblickt, die in der gewünschten Richtung verlaufen, während man im aufrechten Bilde oft lange nach einem solchen Gefäß suchen muß. Endlich sei noch als Vorzug gegenüber der Bestimmung im aufrechten Bilde die Leichtigkeit der Ausführung, selbst für Ungeübtere, und die Möglichkeit, auch für hohe Grade von Myopie bis zu 30 Dioptrien mit etwa derselben Empfindlichkeit

wie bei geringen Graden derselben die Refraction festzustellen, erwähnt.

Wenn wir die Skiaskopie mit dieser Methode vergleichen, so zeigt sich ein wesentlicher Unterschied. Bei der Skiaskopie sieht bekanntlich der Beobachter ein scharfes Bild der Pupille des Untersuchten, während von der Netzhaut desselben ein möglichst unscharfes Bild auf der Macula lutea des Beobachters entworfen wird, da gerade bei der richtigen Einstellung das Bild der untersuchten Netzhaut im Pupillargebiet des Beobachters liegen soll. Der Beobachter bekommt also auf der eigenen Stelle des centralen Sehens Licht von allen denjenigen Netzhautpunkten, die sich auf seiner Pupille abbilden. Man sieht also, wenn man die Bewegung des Schattens verfolgt, denselben stets nur durch einen eng begrenzten Theil der untersuchten Pupille, während man die Brechkraft des ganzen Pupillargebiets kennen will, und man sieht die Refraction eines größeren Netzhautgebietes an Stelle derjenigen eines bestimmten Netzhautpunktes. Die Skiaskopie wird also in den Fällen ein unrichtiges Resultat ergeben, wo Verschiedenheiten in der Brechkraft des Pupillargebietes oder in der Refraction der beobachteten Netzhautpunkte bestehen. Ersteres kann bei weiter Pupille leicht vorkommen, das zweite, wenn sich die Punkte der beobachteten Netzhaut in verschiedenen Tiefen befinden, wie dies besonders leicht eintritt, wenn die Exkavation des Sehnerven in der beobachteten Netzhautpartie liegt. Bei der oben besprochenen Methode aber liegen die Verhältnisse umgekehrt. Es wird ein möglichst unscharfes Bild der untersuchten Pupille auf der Netzhaut des Beobachters entworfen, da sie sich auf der Pupille desselben abbildet, man also stets durch die volle Hälfte hindurchsieht. Da aber die Netzhaut des Beobachteten sich auf der Netzhaut des Beobachters abbildet, so kann die Refraction jedes Punktes gesondert bestimmt werden.

Es bleibt nun noch die Frage zu erledigen, welcher Punkt als Nullpunkt der Dioptrien-Scala gelten soll, von dem aus die Entfernungen gerechnet werden. Principiell ist die Lage dieses Punktes ziemlich gleichgültig, derselbe muß nur für alle Bestimmungen constant bleiben. Wo man denselben auch annehmen mag, stets ergiebt die Anzahl der Dioptrien dasjenige Brillenglas, welches in diesem Punkte angebracht dem Auge Parallelstrahlen zuführt und es so zu einem emmetropischen

macht. Zwei Punkte verdienen nun besondere Beachtung und sind für derartige Berechnungen im Gebrauch: 1. der vordere Knotenpunkt des Auges, 2. derjenige Punkt, in welchem sich die Brillengläser vor dem Auge zu befinden pflegen, da man dann stets dasjenige Glas bei der Refraktionsbestimmung erhält, welches als Brille getragen das Auge des Patienten zu einem emmetropischen macht. Als durchschnittliche Lage des vorderen Knotenpunktes habe ich einen 7 mm hinter dem Hornhautscheitel liegenden Punkt angenommen und darauf die Einteilung der Scala des Apparates bezogen. Die Werthe, die für den zweiten Punkt gelten, können aus einer einfachen Tabelle von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Dioptrie abgelesen werden, dieser zweite Punkt wurde 10 mm vor dem Hornhautscheitel angenommen. Ueber die richtige Entfernung des Auges des Patienten kann man sich leicht durch den Sucher des Apparates orientiren, da gerade wenn das Auge 10 mm mit dem Hornhautscheitel von der Frontfläche des Apparates entfernt ist, im Sucher das Gesichtsfeld mit dem Rande der erweiterten Pupille abschneidet. Eine geringe Aenderung dieser Entfernung ist nicht von Bedeutung, da nicht die Aenderung der Entfernung des Auges vom Apparate um etwa 3 mm dieselbe Bedeutung hat, wie eine Aenderung des Auszuges des Beobachtungsrohres um die gleiche Strecke; sondern erst bei den höchsten Graden von Myopie würde die Aenderung der Entfernung um solche geringe Strecken einen Unterschied in der Beobachtung der Refraction ergeben.

Wenn der Nullpunkt der Dioptrien-Scala genau in dem Brennpunkt der feststehenden Linse des Beobachtungsrohres liegt, so ist für jede Dioptrie mehr oder weniger die Aenderung des Auszuges des Beobachtungsrohres die gleiche, und zwar $= \frac{f^2}{1000}$ mm, wenn f die in Millimetern ausgedrückte Brennweite dieser Linse ist. Dies würde also bei dem vorliegenden Apparate $\frac{75 \cdot 75}{1000} = 5,625$ mm ergeben. Aus praktischen Gründen mußte eine geringe Verschiebung des Knotenpunktes zu diesem Brennpunkte um 5 mm eintreten, so daß sich die Empfindlichkeit um geringe Werthe ändert. Sie beträgt bei + 12 D etwa 6 mm, bei — 30 D etwa 4 mm für jede Dioptrie.

(Eingegangen am 29. März 1900.)