Ueber die Tiefe der vorderen Augenkammer.

Von

Dr. Horstmann in Berlin.

Unter der Tiefe der vorderen Augenkammer § verstehen wir den Abstand zwischen dem Hornhautscheitel und der Vorderfläche der Linse in der Mitte der Pupille. Die geringe Dicke der Cornea und der fast vollständige Parallelismus ihrer äusseren und inneren Oberfläche erlauben uns anzunehmen, dass sich der Humor aqueus bis zur vorderen Oberfläche der Hornhaut erstreckt, zumal, da der Brechungcoefficient der letzteren und des Humor aqueus nur in sehr geringem Maasse verschieden ist.

Die Bestimmung des oben erwähnten Abstandes wird gefordert für die Berechnung der dioptrischen Verhältnisse des Auges. Ist uns der Krümmungsradius der Cornea bekannt, dann müssen wir erst die Tiefe der vorderen Augenkammer feststellen, ehe wir zur Berechnung der dioptrischen Verhältnisse der Linse schreiten können. Haben wir letztere gefunden, dann ist es erst möglich, das Verhalten des ganzen dioptrischen Apparates des Auges zu bestimmen.

Die Tiefe der vorderen Kammer ist eine verschiedene bei dem emmetropischen und ametropischen Auge. Ohne Kenntniss derselben ist es nicht möglich weder für den ersten Zustand noch für die beiden Formen des letzteren ein schematisches oder reducirtes Auge zu entwerfen.

Aus diesen und verschiedenen andern Gründen ist die Bestimmung jenes Verhaltens von grosser Wichtigkeit.

Anfänglich versuchte man an Leichenaugen und an exstirpirten Bulbi die Tiefe der vorderen Augenkammer zu messen. *) Nach dieser Methode war es jedoch nicht möglich das gewünschte Resultat zu erhalten, da die Spannungsverhältnisse des Bulbus vollständig alternirt waren. Sogar bei den Untersuchungen Brücke's, **) welcher auf künstlichem Wege die Tension des Augapfels zu erhalten suchte, blieben die Resultate unsicher.

Um brauchbare Resultate, welche zur Klärung der dioptrischen Verhältnisse dienen können, zu erhalten, war es nöthig, Messungen am lebenden Auge anzustellen. Schon Kohlrauch ***) und Senff †) versuchten aus dem Spiegelbildchen der Cornea den Krümmungsradius derselben zu messen. Die epochemachende Erfindung des Ophthalmometers von Helmholtz erleichterte nicht nur die Bestimmung des letzteren, sie setzte uns sogar in den Stand, hiermit die Messung des Abstandes des Hornhautscheitels von der Iris zu verbinden. Helmholtz

*) Conf. C. Krause: Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges, Meckel's Archiv 1832, Bd. VI., pag. 86, und Poggendorf's Annalen 1834, Bd. 31, pag. 93 und 1836, Bd. 39 pag. 529.

**) Beschreibung des menschlichen Augapfels, Berlin 1847.

***) Ueber die Messung des Radius der Vorderfläche, der Hornhaut am lebenden menschlichen Auge. Oken's Isis 1840, pag. 886.

†) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III., pag. 290.

selbst zeigte uns den Weg hierzu.*) Vermittelst seitlicher Beleuchtung kann man sich überzeugen, dass der Irisrand auf der Krystalllinse ruht. Man sieht ihre Fasern (Helmholtz), erkennt auch ihre radiären Linien (Tweedy), welche bis an den Pupillarrand reichen. Von einem Schlagschatten der Iris ist selbst bei Trübung der Linse nichts zu sehen. Um die Lage der Vorderfläche letzterer kennen zu lernen, reicht es deshalb aus, wenn wir die des Pupillarrandes der Iris bestimmen.

Wir bedienen uns hierbei des Bildchens, welches die Hornhaut von äusseren Gegenständen entwirft. Das Spiegelbild einer entfernten in der Hornhautaxe stehenden Flamme liegt hinter der Cornea in einer Entfernung, welche dem halben Krümmungsradius R des Scheitels gleich ist. Darum ist uns die Lage jener bekannt, sobald wir den Cornealradius gemessen haben. Helmholtz bestimmte nun mit Hilfe des Ophthalmometers hinter einander von zwei Punkten aus, wie das untersuchte Auge gerichtet sein musste, damit die Mitte der Pupille mit dem Hornhautbildchen zusammenfalle. Aus den in beiden Fällen gefundenen Werthen construirte und berechnete er, wie weit die scheinbare Iris vor dem Hornhautbildchen liegt. Indem er das so erhaltene Resultat von $\frac{1}{2} R$ abzog, war die gesuchte scheinbare Tiefe x der vorderen Kammer bekannt. Hieraus berechnete Helmholtz die wahre Tiefe ξ derselben und fand in 3 Fällen folgende Werthe: 3,597, 3,739 und 4,024 Mm. Knapp und viele Andere haben nach derselben Methode ihre Untersuchungen gemacht. Sämmtliche Forscher, mit Ausnahme von v. Reuss, auf dessen Arbeit wir später zurückkommen werden, erhielten annähernd die-

*) Archiv für Ophthalmologie, Bd. I., Abth. 2, pag. 3 u. folg. Helmholtz, Physiol. Optik, pag. 8—10.

selben Resultate, wie Helmholtz. *) Alle nennen die Ausführung der eben beschriebenen Methode sowie ihre Berechnung schwierig und complicirt, so dass sich leicht Fehler bei Anwendung derselben einschleichen können. **)

Aus diesem Grunde bedienten sich Mandelstamm und Schöler ***) nach Angahe von Helmholtz einer andern Methode, nach welcher sie die optischen Constanten des Auges berechneten.

Sie benutzten hierzu ein Liebreich'sches Cornealmikroskop. Gerade vor dem Objectiv stellten sie eine Glasplatte in einem Winkel von 45° auf, welche eine auf der Seite stehende Glasflamme reflectirte, deren Spiegelbild alsdann auf die Cornea geworfen wurde. Ein derartiges Spiegelbild von einem entfernten Gegenstand liegt, wie bekannt, in der Tiefe des halben Radius und so hinter der scheinbaren Pupillarfläche. Nähert man den Gegenstand, so kommt das Reflexbild mehr nach vorn. Ihr Ziel war, zu bestimmen, wie weit die Flamme nach vorn gerückt werden musste, damit ihr Reflexbildchen in einer Ebene mit der Pupillarfläche zusammenfiel. Dazu setzten sie eine Convexlinse zwischen die Flamme und den Spiegel, nahe bei dem letzteren, und erhielten so dicht bei dem Auge ein dioptrisches Bild der Gasflamme. Durch Verschiebung der Linse konnten sie dieses Bild verschieben, bis das Reflexbild mit der Pupillarfläche zusammenzufallen schien. Weiter bestimmten sie dadurch, dass sie eine Nadel einen Maassstab entlang verschoben, den Platz, wo bei der

*) Confr. die auch von Anderen gefundenen Resultate bei v. Reuss, Arch. f. Ophth. XXII., 4, pag. 183.

**) Confr. Knapp, Arch. f. Ophth. VI., 2, pag. 15. Schöler-Mandelstamm, ibid. XVIII., 1, pag. 164. v. Reuss ibid. XXIII., 4., pag. 164.

***) Arch. f. Ophth., XVIII., 1.

Prüfung die Pupillarfläche scharf gesehen wurde, und ausserdem die Lage des dioptrischen Bildes der Flamme im Vergleich zu jener Fläche. Alsdann konnte durch Berechnung gefunden werden, wie viel mehr nach vorn das Reflexbildchen lag als das einer entfernten Flamme. Diese Werthe hat man nun allein von dem Cornearadius abzuziehen, um die Lage der scheinbaren Pupillarfläche zu erhalten.

Mandelstamm und Schöler berechneten nun an sich gegenseitig die Tiefe der eigenen vorderen Augenkammer (durch Erweiterung des angegebenen Verfahrens auch die übrigen optischen Constanten ihrer Augen) und erhielten die gewohnten Resultate. Auch hier sind Methode und Berechnung sehr complicirt. Es konnte selbst v. Reuss, der sich viel mit Ophthalmometrie beschäftigt hatte, nicht glücken, auf diese Art brauchbare Resultate zu erhalten.

Bereits früher hatte Donders das Microscop auf andere Weise angewandt, um die Tiefe der vorderen Augenkammer zu messen. Sein Instrument zeigte er bei dem 1872 in London abgehaltenen ophthalmologischen Congress vor.*)

Er beschreibt es als ein horizontal liegendes durch Drehung einer Schraube in seiner Axe verschiebbares Microscop. Durch einen an der Axe der Schraube angebrachten Zeiger wurde die Grösse der Verschiebung an einem Gradbogen angegeben. Der Zeiger wurde von Dr. Mulder hierfür construirt. Um das Instrument auf die Vorderfläche der Cornea einzustellen, suchte man auf dieser eine Luftblase aufzufinden oder streute Calomelpulver auf sie. Bei einigen Personen ist die

*) Report of the forth international ophthalmological Congress, held in London, August 1872.

Oberfläche der Cornea bereits durch eine dünne irisirende Schicht schon unmittelbar zu sehen. Abwechselnd stellt man nun das Microscop auf die Oberfläche der Cornea und den Pupillarrand ein. Beim Einstellen auf die Cornea drückt man mit dem Zeigefinger den Zeiger auf den Haltepunkt; woselbst 0 steht. Die Anzahl Grade bei der Einstellung auf die Iris gibt alsdann unmittelbar die Verschiebung des Instruments an. Die Einstellungen von der Cornea bis zum Pupillarrand folgen so schnell aufeinander, dass durch Anlehnen der Stirn an einen Halter und durch Stützung des Kinns der Kopf genügend befestigt ist. Man kann auf diese Weise in kurzer Zeit eine ganze Reihe von Untersuchungen machen.

Auf dem Objectivglase des Microscops wird vorn, unter einem Winkel von ungefähr 40° mit der Axe des Instruments, ein kleines Spiegelchen von ein Paar Millimeter Durchmesser befestigt, das der Schärfe der microscopischen Bilder keinen Abbruch thut.

Das Spiegelchen sollte dreierlei Zwecke erfüllen:

Erstens wird eine Flamme unter einem solchen Winkel placirt, dass sie in der Richtung der Axe des Microscops reflectirt wird; sieht das untersuchte Auge alsdann das Reflexbild in der Mitte des Spiegelchens, so fällt seine Gesichtslinie mit der Axe des Microscops zusammen.

Zweitens veranlasst der Abstand der Flamme vom Spiegelchen von selbst das Auge, seine Accommodation nicht für die Nähe einzustellen, wodurch die vordere Kammer verflacht wird.

Drittens lässt sich die Tiefelage des Reflexbildchens in gleicher Weise bestimmen, wie die Lage der Pupillarfläche, wodurch man den halben Radius des Hornhautscheitels erhält. So ist aus der scheinbaren Lage der Pupillarfläche die wahre zu berechnen.

Donders selbst machte mit diesem Instrumente

einige Untersuchungen und eine Reihe seiner Schüler beschäftigten sich nach ihm hiermit, so dass ungefähr 60 Augen nach dieser Methode untersucht und berechnet wurden. Das Resultat war, dass bei den hypermetropischen Augen ξ kleiner, bei myopischen grösser war als bei emmetropischen, für sehr hohe Grade von Myopie war ξ jedoch nicht steigend, im mittleren Lebensalter war es grösser, kleiner bei jugendlichen und alten Individuen. Durchschnittlich fand sich, dass ξ etwa $\frac{1}{2}$ Mm. kleiner war, als Helmholtz und die Forscher, welche seine Methode benutzten, gefunden haben. (2,9—4,02 Mm.) Im Mittel betrug ξ nicht mehr, als 3 Mm. Darum hat sich Donders auf dem ophthalmologischen Congress 1872 auch die Bemerkung erlaubt, als er sein Instrument vorzeigte, dass die Tiefe der vorderen Kammer, gestützt auf die Messungen nach seiner Methode, eine geringere sei, als man bisher angenommen hatte.

Inzwischen beschäftigte sich v. Reuss*), auf Anregung von Arlt, mit der Berechnung der optischen Constanten ametropischer Augen. Er bestimmte ξ nach der Methode von Helmholtz und fand Werthe, die ansehnlich niedriger waren als die früherer Forscher — nämlich für emmetropische Augen solche zwischen 2,84 und 3,33 Mm., für myopische zwischen 3,08 und 3,86 Mm. und für ein hypermetropisches 2,47 Mm. Weder in seinen Untersuchungen noch in seinen Berechnungen konnte er einen Grund der Verschiedenheit seiner Resultate von denen seiner Vorgänger finden. Um erstere zu controliren, setzte er sich in den Besitz des Microoptometers von Schöler-Mandelstamm, deren Methode oben beschrieben wurde. Doch kam er mit diesem Instrumente nicht zurecht. Da er von der kurzen Mittheilung von Donders Kenntniss hatte, wandte

*) Arch. f. Opth., XXIII, 4., pag. 183.

er sich an diesen mit dem Ersuchen ihm etwas mehr über sein Verfahren mitzuthemen, welche Bitte dieser gerne willfahrte. Er theilte ihm mit, dass die v. Reuss nach der Helmholtz'schen Methode gefundenen Resultate mit den seinen übereinstimmten. v. Reuss be-

Fig. 1.

richtet nun, dass er auch selbst mittelst des Schöler-Mandelstamm'schen Microoptometers die Donders'sche Methode prüfte und sie ebenso „sinnreich als praktisch“ fand. „Nur erlaubt mir,“ fährt er fort, „die geringe

Feinheit der Theilung an dem Masstabe nicht die hierdurch gewonnenen, übrigens ganz gut stimmenden Resultate zu benutzen."

Auch Donders wünschte die in Utrecht erhaltenen Zahlen nicht publicirt zu haben, weil er ohne das allgemeine Resultat in Zweifel zu ziehen, die einzelnen Bestimmungen nicht für genau genug hielt. Es war daher nöthig, um das Instrument zu einem vollständig brauchbaren zu machen, noch eine Reihe von Verbesserungen daran anzubringen und alsdann damit eine grössere Anzahl emmetropischer und ametropischer Augen zu messen. Dies ist nach der Vorschrift von Donders geschehen.

Nebestehende Figur I zeigt das Instrument in seiner jetzigen Gestalt, welches das Ophthalmo-Microscop von Donders heissen möge. MM' ist das Microscop mit dem Ocular O und dem Objectiv O'. Dasselbe ist als ein Ganzes in einer Hülse HH' verschiebbar und zwar vermitteltst eines Zahnrades, das in eine Triebstange greift, welche letztere fest am Tubus des Microscopes angelöthet ist. (Figur II) Das Zahnrad wird durch die Schraube r bewegt. In der Hülse findet sich der Breite der Triebstange entsprechend eine Rinne. Durch Drehung der Schraube r bewegt sich das Microscop hinund her in der Richtung seiner Axe. Die Grösse der Verschiebung wird auf einem Gradbogen, dessen Mittelpunkt sich an der Schraube r befindet, durch einen Zeiger i angegeben, der mit einiger Reibung um die Axe der Schraube beweglich ist. Von der Hülse HH, (Figur 1.) des Microscops geht eine Stange s aus, die im Stabe A steht und so erlaubt, das ganze Instrument höher und niedriger zu stellen. Sie kann durch eine Schraube fixirt werden. An der Fussplatte befindet sich noch eine zweite Stange B mit einer queren Platte p, woran wieder eine zweite Platte p' mit einer Längsspalte befestigt ist, welche

Figur 2.

nach Belieben gedreht und verschoben werden kann, um alsdann vermittelst einer Schraube festgestellt zu werden. Diese trägt an ihrem Ende eine verticale Platte e, welche in der Mitte eine Oeffnung hat, wo hinein das Auge zu liegen kommt, während die Stirne sich über der Oeffnung und der Backen unter derselben anlehnen. Eine mit

Sammet bekleidete Platte k, die gedreht und an dem Fusse C auf und nieder bewegt werden kann, dient als Kinnstütze.

Um den Tiefenabstand zu messen, stellt man durch Drehung an der Schraube r das Microscop auf den vordersten Punkt, z. B. auf eine Luftblase, welche sich auf der Hornhaut befindet, ein und drückt zu gleicher Zeit mit dem Finger den Zeiger i herunter, der dadurch auf o zu stehen kommt. Nun dreht man wieder mit der Schraube in der Art, dass der zweite Punkt, z. B. der Pupillarrand, scharf gesehen wird. Alsdann liest man selbst den Stand an dem Gradbogen ab, wo 10 Grade je 1 Mm. Verschiebung des Tubus entsprechen. Hiermit ist der scheinbare Abstand zwischen den zwei

Punkten gefunden. Der grosse Vortheil liegt darin, dass man stets von *o* ausgeht, also nur einmal und zwar nach der zweiten Eintheilung den Werth abzulesen braucht. Das Ablesen in der ersten Stellung würde selbst wenn man über eine Hilfe verfügen könnte, Schwierigkeiten haben, weil es Zeit erfordert und das untersuchte Auge inzwischen leicht seine Stellung würde verändern können. Indessen liess die Bestimmung mit dem hier beschriebenen Instrument immer noch an Genauigkeit zu wünschen übrig. Verschiedene weitere Verbesserungen wurden darum noch daran angebracht.

In erster Linie wurde dafür gesorgt, dass die Flamme *v* (Figur II.) gerade in der Axe des Microscops reflectirt wurde. Um dies zu erreichen, wurden Ocular und Objectiv vom Tubus entfernt und durch die Axe des letzteren ein langer Faden gezogen. Derselbe läuft auf gewisser Distanz durch eine kleine Oeffnung einer Platte, welche auf einem verschiebbaren Ständer ruht.

Fig. 4.

Ist diese ganz genau gestellt, so wird der Faden weggenommen, das Objectiv angeschraubt und die Flamme so gerichtet, dass man ihr Bild, sobald man durch die Oeffnung der Platte sieht, in der Mitte des kleinen Spiegels am Ob-

jectiv wahrnimmt. Dabei wurde im Untersuchungszimmer eine solche Einrichtung getroffen, dass Microscop und Flamme bei jeder Untersuchung ganz genau auf denselben Platz zu stehen kamen.

In zweiter Linie widmeten wir unsere Sorge dem Spiegelchen. (Figur II. und IV.) Sieht das untersuchte Auge S (Figur II.) die Flamme gerade in der Mitte, dann muss seine Gesichtslinie mit der Axe des Microscops zusammenfallen. Aber es stellte sich heraus, dass dieses damit nicht gesichert war. Die Grösse des Spiegelchens liess noch einen gewissen Spielraum zu. Verkleinert man es, so wird das Spiegelbildchen rasch zu schwach. Bei einer Reduction auf 1 Mm. Durchmesser (der der Pupille beträgt 4 Mm.) wird es bereits 16mal schwächer (noch abgesehen vom Verlust durch die Spiegelung), als beim directen Sehen nach der Flamme. Man sieht dies auch gleich ein, wenn man bedenkt, dass das Spiegelchen gleich ist einer Oeffnung, durch welche das Auge S (Figur II.) das Licht einer Flamme v empfängt. Sollte auch hierbei das untersuchte Auge das Bild der Flamme noch genügend wahrnehmen können, so wird doch das Reflexbild auf der Hornhaut rasch zu schwach, um bei der stärkeren Beleuchtung des Auges, das für die Wahrnehmung der Iris nöthig ist, deutlich und bequem gesehen zu werden. So erreicht das Verkleinern des Spiegelchens rasch seine Grenze.

Dieser Schwierigkeit kann man entgegentreten, indem man hinter der Flamme einen kleinen rechteckigen

Fig. 3.

Rahmen, Figur III., (in Fig. II. R von oben gesehen) aufstellt, welcher durch die Flamme v hell genug beleuchtet wird, um zugleich durch das untersuchte Auge im Spiegelchen wahrgenommen zu werden. Der Rahmen muss nun so gross sein, dass sein Spiegel-

bild genau das ganze Spiegelchen einnimmt. Sieht das untersuchte Auge das Bild des Rahmens in seiner

ganzen Ausdehnung, so ist die Richtigkeit seiner Lage bewiesen.

Der Rahmen hat noch einen anderen Zweck. Drittens muss nämlich gesorgt werden, dass die Pupille des untersuchten Auges in ihrer ganzen Ausdehnung im Gesichtsfelde des Microscops gesehen wird. Dann allein lässt sich der Pupillarrand scharf einstellen. Um dies zu erhalten, musste die Lage der Pupille im Verhältniss zur Gesichtslinie und Sehaxe festgestellt werden. Dies geschah mit Hilfe des Ophthalmometers, das man doch zur Bestimmung des Cornealradius nicht wohl entbehren kann.

Zwischen dem untersuchten Auge und dem Ophthalmometer ein wenig lothrecht nach oben von dessen Axe, wird eine Flamme angebracht, deren Spiegelbildchen in der Cornea gesehen wird. Das Spiegelbildchen zeigte sich regelmässig an der Temporalseite von dem Mittelpunkt der Pupille; sobald die Gesichtslinie nach der Axe des Ophthalmometers gerichtet wurde. Nun bewegte man die Gesichtslinie, dem Visir auf dem Gradbogen folgend, soweit medianwärts, bis das Spiegelbild den Mittelpunkt der Cornea erreichte, analog der Methode von Donders zur Bestimmung des Winkel α . Dies war geschehen, sobald bei der Drehung der Ophthalmometerplatten die Doppelbilder des Spiegelbildes gleichzeitig mit die Ränder der respectiven Doppelbilder der Cornea erreichten. In dieser Lage fiel die Axe der Hornhaut mit der des Ophthalmometers zusammen. Hierbei lag das Spiegelbild ohne Ausnahme an der Medianseite des Mittelpunktes der Pupille oder fiel höchstens mit diesem Mittelpunkte zusammen, ohne ihn zu überschreiten. Der Winkel, den die Gesichtslinie mit der Axe des Ophthalmometers machen musste, um diese auf den Mittelpunkt der Pupille zu richten, war hiermit hinreichend genau bekannt.

Ausserdem wurde der lineare Abstand des Reflexbildchens vom Mittelpunkte der Pupille, während die Gesichtslinie mit der Axe des Ophthalmometers zusammenfiel, an allen untersuchten Augen gemessen. Die Messung geschah auf sehr einfache Weise. Man las nämlich ab, um wie viel Grade die Ophthalmometerplatten gedreht werden mussten, um die Doppelbilder nach einander an den respectiven Pupillarrand zu bringen. Nun wurden die linearen Werthe der Grade l und l' berechnet und dann nach der Formel $\frac{l-l'}{2}$ der Abstand des Reflexbildchens vom Centrum der Pupille gefunden. Die Werthe sind in der Tabelle unter Col. 10 eingeführt.

Von dem oben angeführten Rahmen wurde nun Gebrauch gemacht, um die Pupille in die Mitte des Objectfeldes des Microscopes zu bringen. An dem Rahmen verschiebbar ist ein Zeiger S. (Figur III.) Derselbe wird nun so gestellt, dass das untersuchte Auge, nachdem es das ganze Rähmchen, bei Fixation der Flamme, im Spiegelchen gesehen hat, nur diesen zu fixiren hat, damit das Reflexbild in der Mitte der Pupille liegt und letztere wieder sich im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes des Microscopes befindet. Die Lage des Reflexbildchens im Verhältniss zum Mittelpunkte der Pupille, welche mit dem Ophthalmometer gefunden war, gab genügend Anweisung, wie der Zeiger zu stellen ist.

Viertens war es sehr wünschenswerth, dass alle Augen denselben Durchmesser der Pupille hatten. Wir wählten hierzu einen solchen von 4 Mm. Die Dicke der Iris compensirt das sich Hervorheben der Linse aus dem Pupillargebiet. Auf eine sehr einfache Art ist es möglich die Pupillenweite zu regeln. Wir stellen vor das nicht untersuchte Auge eine Flamme mit einer Linse, durch dessen Verschiebung stärkeres oder schwächeres

Licht in die Pupille fällt. Ein Micrometer im Tubus des Microscopes controlirt die Weite von 4 Mm.

Fünftens muss eine passende Objectivlinie für das Microscop ausgesucht werden. Sie soll eine grosse Brennweite haben, damit das Licht neben dem Kopfe des Untersuchten das Spiegelchen erreichen könne, um ein grosses Gesichtsfeld zu übersehen, nämlich die ganze Pupille mit einem Theil der Iris. Die Oeffnung des Objectives soll der geforderten Lichtstärke entsprechen, eine gewisse Grenze aber nicht überschreiten, weil sonst das Reflexbild wegen der Krümmungsaberration der Hornhaut, im Microscope nicht scharf gesehen wird. Betrachtet man das Reflexbild mit dem blossen Auge, oder auch mit der Lupe, so sendet jeder Punkt des Objectes nur Strahlen in's Auge von einem sehr beschränkten Theil der Hornhaut und das Reflexbild bleibt hinreichend scharf. Werden aber die Strahlen von einem Objective mit grosser Oeffnung aufgenommen, so theiligt sich ein zu grosser Theil der Hornhaut an der Reflexion für jeden gesehenen Punkt und das Reflexbild hört auf scharf erkannt zu werden. Und scharf soll es sein, um seine Tieflage bestimmen zu können: man gebe deshalb lieber etwas von der Helligkeit auf, indem man ein Diaphragma anwendet, als von der Schärfe.

Sechstens machte bei den früheren Bestimmungen das Erkennen der Oberfläche der Cornea einige Schwierigkeit. Das Einstreuen von Colomel ist für das Auge durchaus nicht unangenehm. Durch das Blinzeln der Lider aber werden die Körnchen weggeschoben und es ist eine Glückssache, wenn man von den übrig gebliebenen eines findet, das ungefähr gegenüber der Mitte der Pupille liegt. Besser als Colomel ist in das Auge gebrachter Eiweisschaum; derselbe veranlasst durch das Bewegen der Lider das Zustandekommen von Luftbläschen auf der Hornhaut. Selten jedoch fixirt sich ein solches

Bläschen auf dem gewünschten Platze. Das Ganze lässt sich vermeiden, wenn man nach dem Vorgange von Helmholtz den Abstand d zwischen der Pupillarfläche und dem tiefer gelegenen Reflexbildchen der Cornea bestimmt. Die Entfernung des letzteren vom Hornhautscheitel ist, wie bekannt, gleich dessen halben Radius.

Alsdann ist $x = \frac{1}{2} R - d$ gefunden.

Bei verschiedenen Augen wurde x ein Mal auf die angegebene Weise, durch indirecte Messung, das andere Mal durch directe — vom Hornhautscheitel nach der Pupillarfläche — bestimmt. Zwischen beiden Methoden war kein nennenswerther Unterschied zu finden, so dass die indirecte sehr gut zu gebrauchen ist.

Endlich sei noch bemerkt, dass, um die Bestimmung am zweiten Auge zu machen, das Spiegelchen nach der entgegengesetzten Seite gerichtet werden muss, was durch eine Drehung des Objectivs um 180° geschieht. An dieser Seite ist auch der richtige Platz, den die Flamme einnehmen muss, bestimmt worden. Die Lage ist vollkommen symmetrisch. Das Licht muss von der Seite des untersuchten Auges auf das Spiegelchen fallen, da sonst der Kopf dasselbe verdecken kann.

Nach der verbesserten Methode wurde an 41 Augen die Tiefe der vorderen Kammer gemessen.

Durch directe Messung wurden gefunden 1) der Radius R der Cornea, 2) der Abstand der Lage d des Reflexbildchens der Cornea von der der scheinbaren Pupille.

Aus den gefundenen Werthen war es unmittelbar möglich die scheinbare Tiefe der vorderen Augenkammer zu bestimmen nach der Formel $x = \frac{1}{2} R - d$.

Um aus der scheinbaren Tiefe die wahre zu finden, werden die Hauptbrennpunktabstände F' und F'' berechnet

nach den Formeln $F' = \frac{r}{n-1}$ und $F'' = \frac{r n}{n-1}$

wobei $n = 1,3365$ angenommen wurde.

Weiter bestimmt man aus der scheinbaren Tiefe x die wahre ξ nach der Formel der conjugirten Brennpunktabstände.

$f'' = \frac{f' F''}{f' + F''}$ oder führt man die Werthe $x = f'$ und

$\xi = f''$ ein

$\xi = \frac{x F''}{F'' + x}$.

Die Messungen geschehen gegenüber der Mitte der Pupille: die gefundenen Werthe gelten auch für den Scheitel der Cornea, dessen Axe nahezu durch die Mitte der Pupille geht. (siehe Col. 10 der Tabelle)

Die Resultate der Untersuchungen und Berechnungen findet man auf der hier folgenden Tabelle:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Laufende Nummer.	Name.	Geschlecht.	Alter.	Rechtes Auge R. Linkes Auge L.	Refraction.	Sehschärfe.	Winkel α (nach Donders).	R. Cornealradius gegenüber der Mitte der Pupille.	γ , Abstand des Mittelpunktes der Pupille vom Hornhautscheitel.	Abstand des Spiegelbildchens der Cornea von der scheinbaren Pupille.	z , scheinbare Tiefe der Augenkammer.	ξ , wirkliche Tiefe der Augenkammer.	Anmerkungen.
1	D. M.	W.	17	L.	E.	1	3°	7,96	0,065	1,2	2,78	3,04	
2	Th. v. d. F.	W.	20	R.	E.	1	1,5°	7,71	0,327	1,25	2,60	3,12	
3	—	—	—	L.	E.	1	1,5°	7,70	0,311	1,25	2,60	3,12	
4	A. B.	M.	22	R.	E.	1	5,0°	7,73	0,328	1,24	2,62	3,14	
5	A. B.	—	—	L.	E.	1	5,0°	7,70	0,255	1,24	2,61	3,12	
6	v. d. W.	M.	25	L.	E.	1	5,0°	7,70	0,31	1,3	2,55	3,04	Membrana pup. persist.
7	J. A. G.	M.	25	R.	E.	1	5,0°	7,53	0,123	1,35	2,41	2,90	
8	—	—	—	L.	E.	1	5,0°	7,49	0,131	1,34	2,40	2,88	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Laufende Nummer.	Name.	Geschlecht.	Alter.	Rechtes Auge R. Linkes Auge L.	Refraction.	Schärfe.	Winkel α (nach Donders).	R, Cornealradius gegenüber der Mitte der Pupille.	% Abstand des Mittel- punktes der Pupille vom Hornhautseitel.	Abstand des Spiegel- bildchens der Cornea von der scheinbaren Pupille.	z, scheinbare Tiefe der Augenkammer.	z, wirkliche Tiefe der Augenkammer.	Anmerkungen.
9	K. F.	M.	26	R.	E.	1	3,5°	7,60	0,226	1,35	2,45	2,98	
10	F. H. B.	M.	26	R.	E.	1	4°	7,64	0,053	1,34	2,48	2,97	
11	—	—	—	L.	E.	1	4°	7,64	0,102	1,32	2,50	3,0	
12	M. B.	M.	27	R.	E.	1	3,°	8,35	0,303	1,425	2,749	3,12	
13	—	—	—	L.	E.	1	3,5°	8,39	0,356	1,4	2,79	3,24	
14	St. F.	W.	36	R.	E.	1	3,75°	7,74	0,113	1,38	2,49	2,96	
15	—	W.	36	L.	E.	1	3,75°	7,74	0,085	1,40	2,47	2,97	
16	v. H.	M.	30	R.	E.	1	4,5°	7,80	0,296	1,17	2,73	3,22	
17	v. H.	M.	30	L.	E.	1	1,0°	7,85	0,179	1,16	2,76	3,26	
18	B.	M.	32	R.	E.	1	3,0°	7,83	0,025	1,35	2,57	3,09	
19	—	—	32	L.	E.	1	3,0°	7,83	0,126	1,35	2,59	3,09	
20	A. v. I.	M.	15	L.	M. 4,0 $\frac{6}{9}$	1	3,0°	7,60	0,178	1,10	2,70	3,2	
21	D. F. B.	M.	23	R.	M. 2,0	1	2,5°	7,64	0,202	1,335	2,465	2,96	
22	—	—	—	L.	M. 0,75	1	3,5°	7,60	0,430	1,29	2,51	3,01	
23	Q. W.	M.	25	R.	M. 1,5	1	3,5°	7,48	0,230	1,0	2,74	3,34	
24	—	—	—	L.	M. 1,5	1	3,5°	7,44	0,280	1,0	2,78	3,24	
25	C. H.	M.	30	R.	M. 0,5	1	3°	7,71	—	1,1	2,756	3,34	
26	—	—	—	L.	M. 0,5	1	3°	7,69	—	1,05	2,799	3,37	
27	B. C.	M.	40	R.	M. 1,25	1	3°	7,70	0,161	1,37	2,52	3,03	Staphy- loma post. $\frac{1}{3}$ N. O.
28	—	—	—	L.	M. 1,5	1	3°	7,78	0,307	1,34	2,67	3,18	Staphy- loma post. $\frac{1}{6}$ N. O.
29	K. S.	M.	42	R.	M. 5,0	1	2°	8,35	0,202	1,05	3,12	3,67	Staphy- loma post. $\frac{1}{3}$ N. O.
30	—	—	—	L.	M. 5,0	1	2°	8,35	0,177	1,07	2,10	3,64	Id.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Laufende Nummer.	Name.	Geschlecht.	Alter.	Rechtes Auge R. Linkes Auge L.	Refraction.	Sehschärfe.	Winkel α (nach Donders).	R, Cornealradius gegenüber der Mitte der Pupille.	γ , Abstand des Mittel- punktes der Pupille vom Hornhautscheitel.	Abstand des Spiegel- bildchens der Cornea von der scheinbaren Pupille.	z , scheinbare Tiefe der Augenkammer.	ξ , wirkliche Tiefe der Augenkammer.	Anmerkungen.
31	C. v. d. B.	W.	53	R.	M. 11,0	$\frac{3}{60}$	1°	7,98	0,118	1,2	2,79	3,29	Chorioidi- tis mac. lut. Opacitates corp. vitrei.
32	—	—	—	L.	M. 13,0	$\frac{3}{60}$	1,5°	7,88	0,076	1,2	2,74	3,29	
33	R. H.	W.	12	R.	H. 5,0	1	5°	8,02	0,175	1,43	2,58	3,09	
34	R. H.	W.	12	L.	H. 5,0	1	5,5°	8,01	0,174	1,40	2,60	3,09	
35	C. v. D.	M.	23	L.	H. 1,5	1	4,5°	7,38	0,244	1,47	2,21	2,68	
36	A. H.	M.	45	R.	H. 0,75	1	5,0°	8,18	0,383	1,42	2,56	2,89	
37	—	—	—	L.	H. 0,75	1	5,0°	8,18	0,378	1,425	2,555	2,92	
38	A. E.	M.	54	R.	H. 1,5	1	5,5°	7,66	0,372	1,43	2,4	3,1	
39	—	—	—	L.	H. 1,5	1	5,5°	7,66	0,394	1,4	2,43	3,098	
40	H. G.	M.	54	R.	H. 0,5	1	8°	8,06	0,325	1,4	2,65	3,18	
41	—	—	—	L.	H. 0,5	1	8°	8,09	0,329	1,4	2,60	3,14	

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Tiefe der vorderen Augenkammer ξ von 41 hier gemessenen Augen zwischen 2,68 und 3,67 Mm. schwankt. Im Mittel beträgt sie 3,19.

Bei 19 emmetropischen Augen war ξ zwischen 2,88 und 3,26 Mm., im Mittel 3,066 Mm.

Bei 13 Myopen wurden Werthe von 3,01—3,67 Mm., im Mittel 3,266 Mm. gefunden.

Bei 9 Hypermetropen lagen die Grenzen zwischen 2,68 und 3,18 Mm., im Mittel war es 3,009 Mm.

Im Allgemeinen bestätigen unsere Resultate die bereits von Anderen gefundenen Unterschiede zwischen

emmetropischen, myopischen und hypermetropischen Augen. Die Werthe haben eine um so grössere Bedeutung, als der Grad der Ametropie bei den meisten der von uns untersuchten Augen ein sehr geringer war.

Was den Einfluss des Lebensalters anlangt, so können unsere Befunde nicht viel lehren.

Zur Vergleichung mögen zum Schluss die von Anderen gefundenen Resultate noch folgen.

Mit dem Ophthalmometer erhielten:

Helmholtz	3,597 bis 4,024	Mm.
Knapp	3,477 „ 3,7073	„
Woinow	3,589 „ 4,1283	„
Adamük u. Woinow	3,636 „ 3,6696	„

Mit dem Mikro-Optometer:

Mandelstamm und

Schöler	3,651 „ 3,9212	„
Reich	3,639 „ 3,908	„

Alle diese Werthe übertreffen bedeutend die von uns gefundenen. Allein die Resultate von v. Reuss, welcher mit dem Ophthalmometer solche von 2,4723 bis 3,8661 Mm. erhielt, stimmen ziemlich genau mit den unsrigen überein. Daran schliessen sich auch die bereits früher in Utrecht mit dem Ophthalmo-Mikroskop erhaltenen Werthe.