

(Aus der Universitätsaugenklinik zu Kristiania [ehemaliger Direktor: Prof. Dr. med. Hj. Schiötz, jetziger Direktor: Prof. Dr. med. S. Hagen] und dem Physiologischen Institut zu Kristiania [Direktor: Prof. Dr. med. S. Torup].)

Untersuchungen über die Lage und Dicke der Linse im menschlichen Auge bei physiologischen und pathologischen Zuständen, nach einer neuen Methode gemessen.

I. Die Lage und Dicke der Linse bei Emmetropen, Hypermetropen und Myopen.

Von

J. G. Raeder,

Assistent.

Mit 9 Textabbildungen, 6 Kurven.

Zu einer allgemeinen Augenuntersuchung gehört die *Beobachtung* der Vorderkammertiefe. Allen Augenärzten ist bekannt, daß diese Beobachtung häufig außerordentlich wichtig ist. Handelt es sich um auffallende Veränderungen der Vorderkammertiefe, so gibt die allgemeine Untersuchung von der Temporalseite her die notwendigen klinischen Aufklärungen. Die Einführung eines klinisch anwendbaren Meßapparates ermöglicht es, diese Messungen genauer vorzunehmen; und dies ist hier wie überall in der Medizin von großer Wichtigkeit. Es ist unmöglich, mit bloßem Auge die kleinen Veränderungen wahrzunehmen, die wissenschaftlich und sogar klinisch von Bedeutung sein können. Es ist wiederholt versucht worden, zu diesem speziellen Zwecke ein handliches Instrument zu konstruieren, ohne daß es bis heute eine dieser Methoden große Verbreitung gefunden hätte; theoretisch dagegen ist die Aufgabe auf verschiedene Weise gelöst worden.

Die neue Methode, die ich im folgenden mitteilen will, darf sich, was Einfachheit und Handlichkeit anbelangt, nicht auf die Seite der Ophthalmometrie und Tonometrie stellen; es ist jedoch für den Kliniker, der sich speziell für diesen Teil der Augenpathologie interessiert, ein brauchbares Verfahren.

Die Camera anterior ist anatomisch vorn durch die Hornhaut, hinten durch die Iris und den Pupillarbezirk der Linse begrenzt. Optisch rechnet man im allgemeinen die Kammertiefe vom Hornhautscheitel bis zum Vorderpol der Linse, indem man von der Brechung des Lichtes

in der Hinterfläche der Hornhaut absieht. Klinisch versteht man unter der Vorderkammer den Raum zwischen der Vorderfläche der Hornhaut und der Regenbogenhaut. Als Maßstab für die Tiefe der Kammer hat man einerseits den Abstand vom Hornhautscheitel bis zum vorderen Pol der Linse, andererseits denjenigen vom Hornhautscheitel bis zum Pupillenrande genommen. Es ist dabei gleichgültig, welches von diesen beiden Maßen angewendet wird, vorausgesetzt, daß man im zweiten Falle den Durchmesser der Pupille in Betracht zieht. Die Tiefe der Vorderkammer gibt uns Aufschluß über die Lage der Linsenvorderfläche. Ausnahmen hiervon finden sich nur in den Fällen, wo Iris und Linse nicht mehr in Kontakt sind. Um die Lage der Linse im Auge festzustellen, muß man überdies die Lage der hinteren Linsenfläche kennen, die sich meistens der klinischen Beobachtung entzieht, und nur durch ein besonderes Untersuchungsinstrumentarium bestimmt werden kann.

Beschreibung einer neuen Methode zur Bestimmung der Lage der Linsenflächen in vivo.

Bekanntlich hat *Donders* eine Methode zur Messung der Vorderkammertiefe angegeben, die durch ihre Einfachheit große Vorteile bietet. Hiernach stellt man ein Mikroskop zunächst auf die Cornea, dann auf den Pigmentsaum des Pupillenrandes ein und liest die Verschiebung zwischen den beiden Einstellungen des Mikroskops ab. Diese Methode hat jedoch immer unsichere Resultate ergeben. Das liegt hauptsächlich darin begründet, daß zwischen beiden Einstellungen eine gewisse Zeit vergeht, in der Kopf und Auge des Untersuchten leicht bewegt werden können. Könnten beide Einstellungen zu gleicher Zeit gemacht werden, so wäre die Fehlerquelle beseitigt. Ich habe diese gleichzeitige Einstellung auf Hornhaut und Pupillarsaum dadurch erreicht, daß ich das mikroskopische Gesichtsfeld in eine obere und eine untere Hälfte teilte.

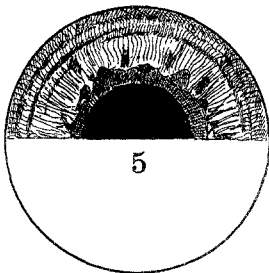


Abb. 1.

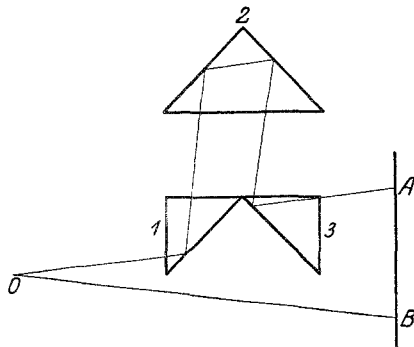


Abb. 2.

Die Cornea wird in die untere Hälfte des Gesichtsfeldes eingestellt (und ist in Abb. 1 durch die Zahl 5 bezeichnet ein Spiegelbild auf der Hornhaut). Diese Einstellung wird vorgenommen durch eine Verschiebung des ganzen Mikroskops. Die Einstellung auf den Pupillenrand in der oberen Hälfte des Gesichtsfeldes geht

ganz unabhängig von derjenigen in der unteren Hälfte vor sich, durch ein besonderes System von total reflektierenden Prismen. Die Verschiebung innerhalb dieses Prismensystems bewirkt eine optische Verlängerung bzw. Verkürzung der Tubuslänge des Mikroskops in der oberen Hälfte, ohne daß die untere Hälfte des Gesichtsfeldes beeinflußt wird. In Abb. 2 ist das Prinzip erläutert.

Von O aus gehen zwei Lichtstrahlen, von denen der eine OB ungebrochen verläuft, während der andere eine viermalige Totalreflektion durch drei rechtwinkelige Prismen erleidet. Die optische Weglänge von OA ist demnach größer als die von OB .

Wenn man sich Prisma 2 beweglich vorstellt, so kann die optische Weglänge zwischen O und A willkürlich verändert werden, die Verschiebung von Prisma 2 ist ein Maß für diese Weglänge. Schaltet man ein solches Prismensystem zwischen Objektiv und Okular eines Mikroskops ein (Abb. 5), so daß die Hälfte der Strahlen durch das Prismensystem geht, so kann man auf zwei verschiedene Ebenen gleichzeitig und voneinander unabhängig scharf einstellen, dadurch daß man Prisma 2 eine geeignete Verschiebung gibt. Diese Verschiebung ist ein Maß für die Niveaudifferenz zwischen den beiden Einstellungsobjekten, also in diesem Falle für den Abstand zwischen Hornhautscheitel und Pupillarebene, d. h. für die Kammertiefe. Von diesen beiden Einstellungsobjekten, Hornhaut und Pupillarrand, ist das letztere leicht im Mikroskop einzustellen. Mittels einer starken seitlichen Fokalbeleuchtung treten die Zacken des Pigmentsaums scharf hervor. Die Hornhautoberfläche ist dagegen schwer zu erkennen. *Donders* stellte auf kleine Luftblasen der Oberfläche ein, oder streute Kalomel in den Conjunctivalsack. Ursprünglich benutzte ich eine Emulsion von fein pulverisiertem Xeroform in Parafinum liquidum, um die Hornhautoberfläche sichtbar zu machen. Später machte ich von einem optischen Prinzip Gebrauch, das von *Blix* angegeben wird. Dieses Prinzip, welches *Blix* bei seinem Ophthalmometer anwendete, kann für jede spiegelnde Fläche benutzt werden.

Bezeichnet in Abb. 3 O ein Objekt, $S^*)$ eine spiegelnde Kugelfläche, C das Zentrum der Kugelfläche, F deren Fokus und I das Spiegelbild von O , so ist nach der *Newton'schen* Formel:

$$\frac{O}{I} = \frac{1}{F} = \frac{2}{R} l_1.$$

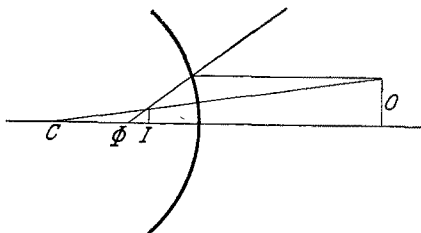


Abb. 3. Die Spiegelung in einer Kugelfläche.

Angenommen, das Objekt nähert sich der Spiegelfläche, so nähert sich auch das Bild derselben. In dem Augenblick, wo Objekt und Oberfläche zusammenfallen, ist:

$$\begin{aligned} \frac{O}{I} &= \frac{2 l_1}{R} \\ l_1 &= \frac{R}{2} \\ \frac{O}{I} &= \frac{2 R/2}{R} = 1, \end{aligned}$$

d. h. Bildgröße und Objekt sind einander gleich.

Die Lage des Bildes findet man nach der Formel:

$$\begin{aligned} l_1 \cdot l_2 &= F \cdot F = R/4 \\ l_1 &= R/2 \\ l_2 &= R/2 = l_1 \end{aligned}$$

*) S ist in der Abbildung ausgefallen.

Bild und Objekt fallen also zusammen und das Bild liegt *auf* der spiegelnden Fläche. Ein Mikroskop, welches auf dieses Spiegelbild scharf eingestellt wird, ist demnach auch auf die eigene Ebene der Spiegelfläche eingestellt. Nur in einem übrigen Falle fallen Bild und Objekt zusammen, und zwar im Zentrum der Spiegelfläche.

$$\begin{aligned} l_1 \cdot l_2 &= F \cdot F \\ \frac{l_1}{l_2} &= \div R/2 \\ \frac{l_2}{l_1} &= \div R/2 = l_1 \end{aligned}$$

In gleicher Weise findet man hier die Bildgröße:

$$\begin{aligned} \frac{O}{I} &= \frac{2 l_1}{R} \\ \frac{l_1}{O} &= \div R/2 \\ \frac{O}{I} &= \div \frac{2 R/2}{R} = \div 1 \end{aligned}$$

Objekt und Bild werden auch im Zentrum gleich groß, aber das Bild ist umgekehrt, nicht aufrecht wie auf der Spiegeloberfläche. Als Objekt für das Spiegelbild verwendet *Blix* das reelle dioptrische Bild einer Lichtquelle. Die Anordnung ist in Abb. 4 dargestellt.

2 kongruente Mikroskope *M* und *M'* waren symmetrisch an der Achse *AB* angebracht, mit welcher sie sich parallel bewegen konnten. Beide Mikroskope

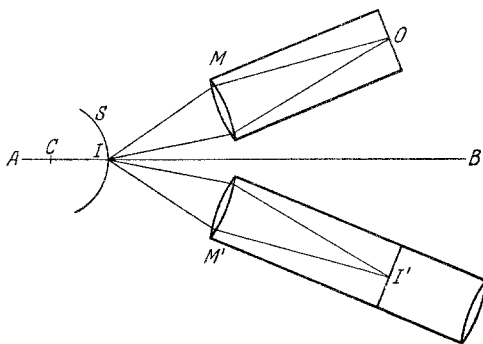


Abb. 4. Das *Blix*sche Prinzip.

konvergieren nach Punkt *I*, auf welchen sie eingestellt waren. Auf dem Fadenzug im Mikroskop *M* war ein leuchtender Punkt *O* angebracht, welcher sich in *I* widerspiegelte, auf welchen Punkt auch *M'* eingestellt war. Der Untersucher beobachtete durch *M'*. Beide Mikroskope waren auf der Achse gemeinsam verschiebbar und ihre Verschiebung konnte mittels eines Maßstabes abgelesen werden. Im Observationsmikroskop *M'* war unter gewöhnlichen Umständen nichts zu sehen, erst wenn Punkt *I* in eine spiegelnde Fläche oder in deren Zentrum fiel, wurde das Spiegelbild des leuchtenden Punktes *O* in der Spiegelfläche scharf eingestellt, so daß die spiegelnde Fläche ein aufrechtes, das Krümmungszentrum ein umgekehrtes Bild gab. Durch diese Anordnung konnte *Blix* sowohl den Abstand zwischen der Hornhaut und dem vordersten Pol der Linse als auch denjenigen zwischen den beiden Linsenflächen messen. Der Abstand zwischen den respektiven Krümmungszentren sollte auch theoretisch meßbar sein. In diesem Falle müssen die Mikroskope indessen auch mit einer gegen *I* konvergierenden Bewegungsvorrichtung versehen sein.

Dieses Prinzip habe ich benutzt, um die Hornhautoberfläche sichtbar zu machen. Um die 2 Mikroskope zu vermeiden, welche unter anderem bewirkten, daß das theoretisch schöne Prinzip von *Blix* wenig anwendbar war, ist das bildformende Mikroskop von *Blix* durch ein rechtwinkliges Prisma mit dem Beobachtungsmikroskop verbunden, so daß beide ein gemeinsames Objektiv haben (siehe Abb. 5).

Von diesem Objektiv beansprucht das Beleuchtungsmikroskop etwas weniger als die Hälfte Öffnung, das Beobachtungsmikroskop den Rest. Der Tubus des ersteren ist übrigens bedeutend verkürzt durch Anwendung einer weiteren Linse in seinem Tubus (L_1 in Abb. 5). Diese Abänderungen haben viele Vorteile. Das Instrument wird kleiner und einfacher. Die Astigmatisme, welche bei der *Blix*schen Methode

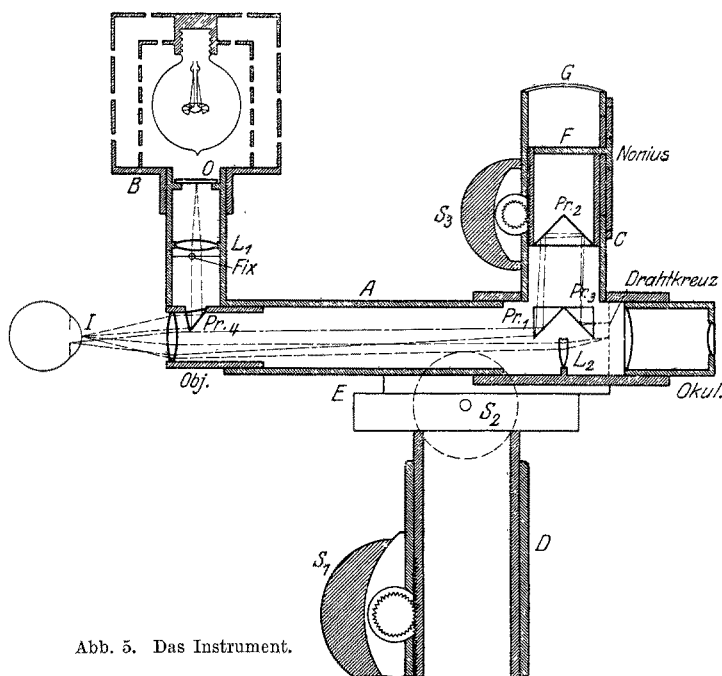


Abb. 5. Das Instrument.

durch die schräg einfallenden Strahlen hervorgerufen wird, ist vermieden, ebenso wird die komplizierte konvergierende Bewegung der beiden Mikroskope überflüssig. Das Instrument hat in seiner Gesamtheit folgende Konstruktion (siehe Abb. 5).

Mikroskop *A* mit Beleuchtungsapparat *B* und Prismensystem *C* steht auf Sockel *D* und wird durch Schraube S_1 gehoben und gesenkt. Die Schraube S_2 bewegt das Mikroskop im Schlitten *E* vor und zurück. Diese Bewegung kann durch eine Millimeterskala mit Nonius gemessen werden (in der Abbildung nicht sichtbar, da die Skala in der Ebene vor der Zeichnung liegt). Das Objektiv des Mikroskops ist ein zusammengesetztes von ungefähr 4 cm Brennweite. Der Beleuchtungsapparat *B* besteht aus einer elektrischen Metalldrahtlampe von ca. 30 NK., die in einer doppelwandigen perforierten Metallhülle eingeschlossen ist, um zu starke Erhitzung zu vermeiden. Eine Glasplatte, auf der eine Reihe Zahlen (O) in folgender Anordnung photographiert sind, bildet das leuchtende Objekt.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Diese Anordnung erleichtert die Orientierung während der Beobachtung. Die in der Mitte stehende Zahl 5 bildet das Einstellungsobjekt und wird leicht gefunden, wenn erst eine von den 9 Zahlen gefunden ist. Linse L^1 ist so angebracht, daß das Bild I des Leuchtobjektes O in den Punkt fällt, auf den auch die untere Hälfte des Gesichtsfeldes eingestellt ist. Ein rechtwinkliges Prisma (Pr_4) bewirkt die Totalreflektion, damit das Bild durch die obere Hälfte des Objektivs geworfen wird. Im Beleuchtungsapparat läßt man ferner eine Marke anbringen, welche dem Untersuchten zum fixieren dient. Die Fixationsmarke (Fix. Abb. 5) wird am zweckmäßigsten azentrisch angebracht, und zwar im Abstände der Brennweite des Objektivs. Hierbei fixiert der Untersuchte einen Punkt, der etwa in der Achse des Mikroskops und scheinbar im Unendlichen liegt. Durch diese Anordnung kann man das untersuchte Auge in der Gesichtslinie messen und die Akkommodation des Auges wird aufgehoben. In Mikroskop A ist das Prismensystem C in der Nähe des Okulars angebracht; so daß Prisma 1 und 3 die obere Hälfte des Mikroskop-tubus einnehmen. Prisma 2 ist in den Zylinder F eingefügt und bewegt sich mittels der Schraube S_3 in diesem auf und ab. Zylinder F steht in Verbindung mit einer Millimeterskala mit Nonius, auf welcher die Verschiebung in $\frac{1}{10}$ mm abgelesen werden kann. In dem Tubus des Mikroskops ist in der unteren freien Hälfte eine abgeschnittene Linse L_2 angebracht, welche das Bild der Hornhaut auf das Fadenkreuz in Brennweite des Okulars wirft. Das Okular ist am besten ein starkes, ein Ramsdenschies mit Fadenkreuz, um die Akkommodationsenthebung des Untersuchers zu erleichtern. Es ist dabei notwendig, die sphärische Aberration des Instruments zu korrigieren; besonders gilt dies für das Okular, welches ein flaches Bildfeld liefern muß. Zur Untersuchung braucht man einen festen Tisch mit Glasplatte und Sütze für Kinn und Stirne des Untersuchten. Unnötig ist in der Regel das Festbinden des Kopfes. Ferner sind erforderlich eine verstellbare Fokallampe, welche die Iris beleuchtet, und ein Pupillennmesser von *Haab*. Der Pupillendurchmesser kann außerdem mit einem Okularmikrometer gemessen werden. Der Untersuchte fixiert die sichtbare Fixationsmarke durch das Objektiv. Der Untersucher schiebt das auf der Glasplatte leicht bewegliche Instrument in die richtige Stellung und stellt mit Hilfe der Schraube S_1 und S_2 so ein, daß im klaren Spiegelbilde der Hornhaut die Zahl 5 erscheint, und zwar im oberen Teil der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes. Dann stellt er mit Schraube S_3 den Pupillenrand scharf in die obere Hälfte des Gesichtsfeldes ein. Wenn beide Hälften des Gesichtsfeldes scharf eingestellt sind, so liest man die Einstellung der Millimeterskala ab; die gefundene Zahl setzt man mit Hilfe einer Tabelle direkt in die wirkliche Kammertiefe um (siehe unten). (Diese kann auch direkt auf die Skala des Instrumentes übertragen werden.)

Die *Pupillengröße* ist zu berücksichtigen, weil sie den gefundenen Wert beeinflusst. Die Genauigkeit der Beobachtung hängt ab von der angewandten Vergrößerung. In dem von mir angewandten Instrument wird das Bild der Hornhaut ungefähr 15 mal vergrößert. Hier kann man sich mit dieser schwachen Vergrößerung begnügen, weil die Genauigkeit der Einstellung verdoppelt wird, dadurch, daß das Spiegelbild der Hornhaut und der Fokus des Mikroskops sich bei schlechterer Einstellung voneinander, bei besserer gegeneinander bewegen. Die Iris wird ungefähr 30fach vergrößert. So wird ein geübter Untersucher kaum einen Fehler von mehr als 0,20 mm machen. Die Untersuchung ist nicht leicht, sie erfordert mehr Übung als die Ophthalmometrie.

Das Instrument kann auch benutzt werden um die Lage der Linsen-hinterfläche zu bestimmen; d. h. die Dicke der Linse kann festgestellt werden.

Nähert man das Mikroskop, nachdem man das strahlende scharfe Spiegelbild in der Hornhautoberfläche gefunden hat, so sieht man ein diffuses Licht, das nach und nach eine neue Reihe stark leuchtender Zahlen zeigt. Diese stammen von dem Krümmungszentrum der Hornhaut und erscheinen als umgekehrtes Bild; dabei ist der Abstand vom aufrechten nach dem umgekehrten Bilde der Cornea gleich dem Krümmungsradius der Hornhaut. Sucht man mit kleinen vorsichtigen Bewegungen von einer Seite zur anderen oder vorwärts und rückwärts die nächste Umgebung des Krümmungszentrums der Hornhaut ab, so wird es fast immer gelingen, ein schwach leuchtendes, aufrechtes Bild von einer der Zahlen zu sehen. Dieses Bild stammt von der Hinterfläche der Linse. Nicht immer gelingt es, die Zahl 5 deutlich zu machen; in diesem Falle kann man auf eine der anderen einstellen. Die Lage dieses Bildes läßt sich in gleicher Weise feststellen wie die Lage der Hornhaut im Verhältnis zur Pupillarebene, nämlich durch eine Verschiebung innerhalb des Prismensystems. Dieses Verfahren gelingt jedoch hier nur schwer, weil das leucht-schwache Spiegelbild der Linsenhinterfläche schwer zu sehen ist, wenn die Iris so stark beleuchtet, wie es für die Einstellung auf den Pupillarrand notwendig ist. Die Messung kann indessen auf eine andere Art vorgenommen werden, indem man die nahe Nachbarschaft der Hinterfläche der Linse und des Krümmungszentrums der Hornhaut benutzt.

Die Untersuchung wird folgendermaßen ausgeführt:

Zuerst wird das Mikroskop mittels der Schraube S_2 in eine solche Anfangsstellung gebracht, daß die Millimeterskala, die in Verbindung mit dieser Schraube steht, die Ablesung O zeigt. (O ist in der Mitte der Skala angebracht.) Nun stellt man das hintere Linsenbild in die untere Gesichtsfeldhälfte ein, indem man Schraube S_2 nicht berührt, sondern die Einstellung durch Verschiebung des ganzen Instruments, welches auf der Glasplatte des Untersuchungstisches gleitet, vornimmt. Man orientiert sich über die Lage des Zentrumsbildes der Hornhaut im Verhältnis zur Lage des hinteren Linsenbildes. In der Regel sieht man beide Bilder gleichzeitig, das eine diffus, wenn das andere scharf ist, oder beide liegen sogar in derselben Ebene. Nachdem man sich über die Lage der beiden Bilder im Verhältnis zueinander orientiert hat, kann man mittels der Schraube S_2 die Einstellung von der Hinterfläche der Linse bis zum Zentrumsbild der Hornhaut verschieben, dann zeigt die Skala den Abstand zwischen diesen beiden. Diese Beobachtung, welche ungenauer als das Vorderkammermaß ist, wird ein paarmal wiederholt und die Durchschnittszahl dieser Beobachtungen wird verwendet. Bei dieser Untersuchung ist man von dem Prinzip, daß auf beide Fixationsobjekte gleichzeitig eingestellt wird, abgewichen; der unbedeutende Abstand verringert jedoch in diesem Falle die Fehlerquelle, welche aus der Bewegung des untersuchten Auges hervorgeht. Nachdem man den Abstand zwischen dem Zentrum der Hornhaut und der hinteren Linsenfläche gefunden hat, steht nur die Beobachtung des Krümmungsradius der Hornhaut noch aus. Dieses Maß findet sich durch einfache Messung des Abstandes vom Oberflächenbild der Hornhaut zu deren Zentrumsbild nicht mit der gewünschten Genauigkeit. Man benutzt hierzu zweckmäßigerweise das Ophthalmometer *Javal-Schiötz*. Auf diesem Instrument befindet sich eine Einteilung, welche die Brechung der Hornhaut in Dioptrien und den Krümmungsradius in Millimetern angibt. Man muß diese Einteilung zuerst auf ihre Richtigkeit hin prüfen und eventuelle Fehler korrigieren. Nachdem der Krümmungsradius der Hornhaut gemessen ist, findet man die scheinbare Lage der Linsenhinterfläche sehr leicht (siehe Abb. 6).

$$S_1 S_4'' = S_1 C_1 + C_1 S_4'',$$

wo $C_1 S_4''$ negativ, O , oder positiv werden kann, je nachdem das Bild der hinteren Linsenfläche vor, in oder hinter dem Zentrumsbild der Hornhaut liegt.

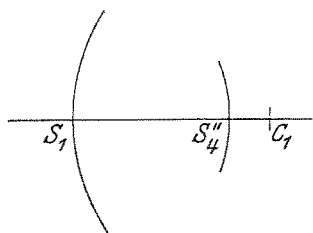


Abb. 6. S_1 = Cornealoberfläche, C_1 = Krümmungszentrum der Cornealoberfläche, S_4'' = Scheinbare Lage der Linsenhinterfläche.

Theoretisch sollte man nach dieser Methode die Lage aller brechenden Flächen im Auge und deren Zentren messen können. Praktisch beschränkt sich dies jedoch auf die Vorderfläche der Hornhaut und die Hinterfläche der Linse, wozu jedoch die Linsenvorderfläche kommt, welche indirekt durch die Lage der Pupillarebene bestimmt wird. Die Hinterfläche der Hornhaut sieht man nur ganz schwach, sie ist verdeckt durch das leuchtende diffuse Bild der Vorderfläche, deren Zentrumsbild nicht sichtbar ist. Das Bild der Linsenvorderfläche ist fast immer so lichtschwach und diffus, daß man es zur mikroskopischen Einstellung nicht verwenden kann. Ein Bild im Krümmungszentrum der Linsenvorderfläche habe ich nicht finden können. Auch ist es mir nicht mit Sicherheit gelungen, das Zentrumsbild der Linsenhinterfläche nachzuweisen.

Die Quantität des zurückgeworfenen Lichtes läßt sich berechnen nach der Formel:

$$I = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)} \right)$$

Da i und r durch Anordnung des Lichteinfalls außerordentlich klein werden, so können die Winkel gleich ihrem Sinus und Tangens gesetzt werden.

I wird da gleich:

$$\frac{1}{2} \left[\left(\frac{i-r}{i+r} \right)^2 + \left(\frac{i-r}{i+r} \right)^2 \right] = \frac{(i-r)^2}{(i+r)^2},$$

nun ist:

$$n_1 i = n_2 r \quad \text{d. h.} \quad i = \frac{n_2}{n_1} r$$

$$I = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1} r - r \right)^2}{\left(\frac{n_2}{n_1} r + r \right)^2} = \frac{\left(\frac{n_2 r - n_1 r}{n_1} \right)^2}{\left(\frac{n_2 r + n_1 r}{n_1} \right)^2} = \frac{\left(\frac{r}{n_1} \right)^2 (n_2 - n_1)^2}{\left(\frac{r}{n_1} \right)^2 (n_2 + n_1)^2} = \frac{(n_2 - n_1)^2}{(n_2 + n_1)^2}.$$

Setzt man nach *Stadfeldt*:

den Brechungskoeffizient der Hornhaut	= 1,377
„ „ des Kammerwassers	= 1,3365
„ „ der äußersten Linsenschicht	= 1,388
„ „ des Corpus vitreum	= 1,335

so wird die Lichtstärke der Spiegelbilder, wenn man die Intensität des einfallenden Lichtes = 100 setzt:

I_1 (von der Vorderfläche der Hornhaut)	= ca. 0,025
I_2 (von der Hinterfläche der Hornhaut)	= ca. 0,00024
$I_3 = I_4$ (von den beiden Flächen der Linse)	= ca. 0,00036

Da nach der *Bliss*-schen Anordnung alle Spiegelbilder gleiche Größe haben (abgesehen von der geringen Vergrößerung der Linsenbilder durch

die Hornhaut), so sind die Resultate direkt kommensurabel. Das Verhältnis zwischen der Lichtintensität des vorderen und hinteren Hornhautbildes ist, wie man sieht, ungefähr 1 : 100; dies erklärt das schwache Hinterflächenbild. Dagegen besteht ein interessanter Gegensatz zwischen der Berechnung und dem was man wirklich beobachten kann bezüglich des Verhältnisses zwischen der Lichtstärke des vorderen und hinteren Linsenbildes. Das Bild der hinteren Linsenfläche ist bedeutend lichtstärker und schärfer als das der vorderen. Das gleiche wird man beobachten mit Hilfe der gewöhnlichen *Purkenjischen* Bilder, und man war geneigt, die größere Lichtintensität des hinteren Linsenbildes durch dessen kleineren Dimensionen zu erklären. In unserem Falle, wo beide Bilder gleich groß sind, läßt sich dieses Phänomen nur dadurch erklären, daß ein materieller Unterschied zwischen dem vorderen und dem hinteren Teil der Linse besteht. Wahrscheinlich liegt der Unterschied in der Anordnung der optischen Linsenschichten, so daß der Brechungskoeffizient der Linse sukzessiv zunimmt von der Vorderfläche nach dem Zentrum hin, während eine entsprechende Abnahme der optischen Dichte im hinteren Linsenteil bedeutend weniger hervortritt.

Das hintere Linsenbild tritt scharf hervor als Ausdruck einer Reflexion an einer einfachen Fläche, während das vordere Bild mehr die Form eines diffusen Leuchten im vorderen Linsenteil annimmt. Aus diesem Grunde ist das vordere Linsenbild unter allen Umständen ein zweifelhaftes Beobachtungsobjekt. Die Ursache, weshalb das hintere Zentrumbild der Linsenfläche, welches in geringem Abstände hinter der Oberfläche der Hornhaut zu treffen sein sollte, nicht zu sehen ist, liegt darin, daß die Zentrumbilder sich fortwährend mit dem Auge ruckweise bewegen. Besonders das Zentrumbild der Hinterfläche wird einen starken Bewegungsausschlag zeigen wegen des bedeutenden Abstandes vom Umdrehungszentrum des Auges. Die Oberflächenbilder sind im Gegensatz zu den Zentrumbildern ganz unbeweglich.

Die Lage, die man nach der beschriebenen Methode für die Pupillarebene (Vorderfläche der Linse) und die Hinterfläche gefunden hat, ist bekanntlich nur eine scheinbare. Die wirkliche anatomische Lage findet man durch Berechnung der optischen Einwirkung der vorne liegenden Medien auf die Strahlen, welche vom Pupillarrande, respektive von der hinteren Linsenfläche ausgegangen sind.

Was die ersten betrifft, so wird das Bild zuerst in der hinteren und dann in der vorderen Hornhautfläche gebrochen. Die Refraktion, welche durch den Übergang des Lichtes aus dem Kammerwasser in die Substanz der Hornhaut bewirkt wird, ist indessen so unbedeutend, daß man von ihr absehen kann; man braucht nur das einfache optische System zu berücksichtigen, welches gebildet wird durch den Brechungsexponenten des Kammerwassers und den Krümmungsradius der

Hornhautvorderfläche. Die Berechnung dieser Refraktion wird zweckmäßigerweise nach folgendem Prinzip ausgeführt, wobei man die Schwierigkeiten der Vorzeichen, welche bei den allgemein gültigen Formeln auftreten, vermeidet.

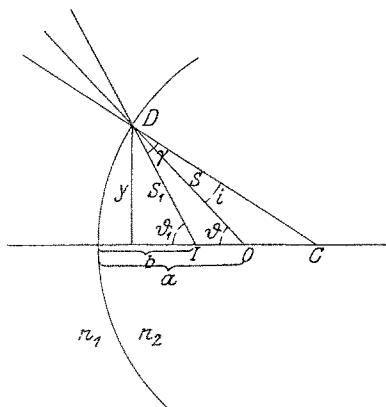


Abb. 7. Die Brechung durch Cornea. C = Krümmungszentrum der Hornhaut, O = Objekt, I = Bild.

Auf Abb. 7 z. B.:

$$\sin \vartheta = \frac{y}{S}$$

$$\sin \vartheta_1 = \frac{y}{S_1}$$

Sind Winkel ϑ und ϑ_1 klein, so kann man ohne weiteres setzen:

$$\sin \vartheta = \operatorname{tg} \vartheta = \frac{y}{a}$$

$$\text{oder} \quad \sin \vartheta_1 = \operatorname{tg} \vartheta_1 = \frac{y}{b}$$

Im Dreieck $OC D$ findet man folgende Proportionen:

$$\frac{\sin i}{OC} = \frac{\sin \vartheta}{CD}$$

$$\text{c:} \quad \sin i = \frac{OC}{CD} \cdot \sin \vartheta = \frac{R-a}{R} \cdot \frac{y}{a}$$

$$\text{und:} \quad \sin r = \frac{IC}{CD} \cdot \sin \vartheta_1 = \frac{R-b}{R} \cdot \frac{y}{b}$$

Wenn man diese Gleichungen dividiert, so erhält man:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\frac{R-a}{R} \cdot \frac{y}{a}}{\frac{R-b}{R} \cdot \frac{y}{b}} = \frac{(R-a)b}{(R-b)a}$$

Aber

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2}$$

Also:

$$\frac{(R-a)b}{(R-b)a} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$(R-a)b n_2 = (R-b)a n_1$$

$$R n_2 b - n_2 a b = R n_1 a - n_1 a b$$

$$b[(n_1 - n_2)a + R n_2] = n_1 R a$$

Hiervon wird:

$$b = \frac{n_1 R a}{(n_1 - n_2)a + R n_2} \quad (1)$$

Und

$$a = \frac{n_2 R b}{(n_2 - n_1)b + R n_1} \quad (2)$$

Dividiert man Formel (2) im Zähler und Nenner durch $(n_2 - n_1)$, so erhält man:

$$\frac{\frac{n_2 R}{n_2 - n_1} \cdot b}{b + \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}} = \frac{F_2 \cdot b}{b + F_1}.$$

Dieses ist die *Helmholtzsche* Formel nach der Lage des Objekts aufgelöst. Der Abstand zwischen der wirklichen und der scheinbaren Kammertiefe wird M genannt und wird nach der folgenden Formel gefunden:

$$\begin{aligned} \underline{M} &= a - b = a - \frac{n_1 R a}{(n_1 - n_2) a + R n_2} = \\ &= \frac{(n_1 - n_2) a^2 + n_2 R a - n_1 R a}{(n_1 - n_2) a + R n_2} = a \cdot \frac{n_2 R - n_1 R - (n_2 - n_1) a}{R n_2 - (n_2 - n_1) a} = \\ &= \underline{a (n_2 - n_1) \cdot \frac{R - a}{R n_2 - (n_2 - n_1) a}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Setzt man in diese Formel ein:

$$\begin{aligned} n_1 &= \text{Brechungskoeffizient der Luft} \dots\dots\dots = 1 \\ n_2 &= \text{„ des Kammerwassers} \dots\dots\dots = 1,335 \end{aligned}$$

und läßt a in der Größe variieren von 0 bis R , so findet man ein Maximum für M (dessen Werte graphisch dargestellt einen Kegelschnitt ergeben), welches einem Werte für $a = \frac{R}{2}$ entspricht.

Der größte Unterschied zwischen der scheinbaren und der wirklichen Kammertiefe besteht dann, wenn letzterer gleich dem halben Krümmungsradius der Hornhaut ist. Nun variiert der physiologische Krümmungsradius der Hornhaut zwischen 7,0 und 8,5 mm, während der mittlere Krümmungsradius 7,865 mm beträgt (*Schiotz*).

Es würde für die Praxis eine große Erleichterung bedeuten, wenn man diesen mittleren Krümmungsradius immer benutzen könnte, um die wirkliche Kammertiefe aus der scheinbaren zu berechnen. Dabei vermeidet man die Messung des Krümmungsradius und die Berechnung wird außerordentlich vereinfacht. Man findet den Maximalfehler, der durch Berechnung mit der mittleren Krümmung begangen wird, indem man die physiologischen äußersten Grenzen für R einsetzt, indem man $a = \frac{R}{2}$ nimmt.

$$1. R = 8,5 \text{ mm} \cdot a = 4,25 \text{ mm}:$$

$$M = a (n_2 - n_1) \frac{R - a}{R n_2 - (n_2 - n_1) a} = 4,25 \cdot 0,335 \frac{4,25}{8,5 \cdot 1,335 - 0,335 \cdot 4,25} = \underline{0,610 \text{ mm.}}$$

$$2. R = 7,0 \text{ mm} \cdot a = 3,5 \text{ mm}:$$

$$M = a (n_2 - n_1) \frac{R - a}{R n_2 - (n_2 - n_1) a} = \frac{3,5 \cdot 0,335 \cdot 3,5}{7 \cdot 1,335 - 3,5 \cdot 0,335} = \underline{0,502 \text{ mm.}}$$

$$3. R = 7,9 \text{ mm} \cdot a = 3,95 \text{ mm}:$$

$$M = a (n_2 - n_1) \frac{R - a}{R n_2 - (n_2 - n_1) a} = \frac{3,95 \cdot 0,335 \cdot 3,95}{7,9 \cdot 1,335 - 3,95 \cdot 0,335} = \underline{0,567 \text{ mm.}}$$

Bei einem Krümmungsradius von 8,5 mm macht man also einen Maximalfehler von $0,610 - 0,567 = 0,043$ mm. Bei einem Krümmungsradius von 7 mm wird der Fehler $0,567 - 0,502 = 0,065$ mm.

Diese Fehler, die die ungünstigsten Maxima bezeichnen, sind so unbedeutend, daß man davon absehen kann.

Alle nachstehenden Kammertiefen sind dann für die scheinbare Tiefe so berechnet, daß der Krümmungsradius der Hornhaut = 7,895 mm angenommen ist.

Für den Brechungskoeffizienten des Kammerwassers wird 1,335 angenommen (*Tscherning*).

Die wirkliche Lage der hinteren Linsenfläche berechnet man nach dem gleichen Prinzip (Abb. 8). Die Strahlen der Linsenhinterfläche werden zuerst in der Vorder-

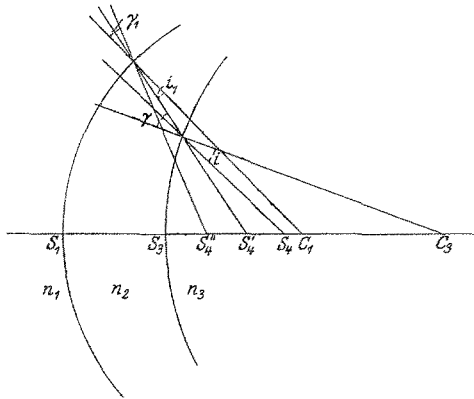


Abb. 8. Die Brechung durch Linsenvorderfläche und Cornea. S_1 = Cornealvorderfläche, S_2 = Linsenvorderfläche, S_4 = Linsenhinterfläche, C_1 = Krümmungszentrum der S_1 , C_3 = Krümmungszentrum der S_2 .

fläche der Linse gebrochen und das Bild wird nach S'_4 verlegt; darauf wird dieses wieder gesehen durch die Hornhaut hindurch, welche das Bild nach S''_4 verlegt. Durch die Messungen wird S''_4 beobachtet. Die Lage von S_4 berechnet man wie früher nach der Formel:

$$a = \frac{n_2 R_1 b_1}{(n_2 - n_1) b_1 + R_1 n_1},$$

in der R_1 der Krümmungsradius der Hornhaut = 7,865 mm ist. Der gefundene Wert für a bezeichnet den Platz von S'_4 . Hieraus wird wieder die Lage für S_4 berechnet, der wirklichen Lage der Linsenhinterfläche, nach der Formel:

$$a_3 = \frac{n_3 R_3 b_3}{(n_3 - n_2) b_3 + R_3 n_2},$$

in der a_3 die wirkliche Lage von S_4 gerechnet von der vorderen Linsenfläche bedeutet, b_3 ist der Abstand von S'_4 bis zur vorderen Linsenfläche, R_3 ist der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche (10 mm), n_3 ist der Brechungskoeffizient der Linse (1,42) und n_2 derjenige des Kammerwassers (1,335).

Die optische Wirkung der Hornhaut auf die Lage dieses Bildes ist bedeutend geringer als diejenige der Pupillarebene. Die hintere Linsenfläche liegt wie bekannt in der Regel ein wenig vor dem Krümmungszentrum der Hornhaut, zuweilen in oder gleich hinter diesem. Im Krümmungszentrum ist die optische Wirkung einer Kugelfläche gleich 0. Es ist sogar fraglich, ob man überhaupt den gefundenen Wert der Linsenhinterfläche korrigieren muß. In einzelnen Fällen liegt jedoch S'_4 in nicht unbedeutender Entfernung von C_1 .

Im Fall Nr. 88 z. B. ist $R_1 = 8,23$ mm und die scheinbare Lage der Linsenhinterfläche = 6,63 mm hinter der Hornhaut.

In diesem Falle ist die Lage von S'_4 :

$$a_1 = \frac{n_2 R_1 b_1}{(n_2 - n_1) b_1 + R_1 n_1} = \frac{1,335 \cdot 7,865 \cdot 6,63}{0,335 \cdot 6,63 + 7,865} = \frac{69,6}{2,22 + 7,865} = \frac{69,6}{10,085} = 6,90 \text{ mm.}$$

Ist die Vorderkammer gleich 2,60 mm, so wird $S_3 S'_4$ 6,90 — 2,60 = 4,30 mm und die Lage von S_4 gleich:

$$\begin{aligned} S_3 S_4 = a_3 &= \frac{n_3 R_3 b_3}{(n_3 - n_2) b_3 + R_3 n_2} = \frac{1,42 \cdot 10 \cdot 4,3}{(1,42 - 1,335) 4,3 + 10 \cdot 1,335} \\ &= \frac{61}{0,366 + 13,35} = \frac{61}{13,72} = \underline{4,45 \text{ mm.}} \end{aligned}$$

Und

$$S_1 S_4 = 4,45 + 2,60 = 7,05 \text{ mm.}$$

Die wirkliche Lage der hinteren Linsenfläche ist also 7,05 — 6,63 = 0,42 mm hinter der scheinbaren. Dieser Fehler ist so groß, daß er korrigiert werden muß. Gewöhnlich ist der Fehler geringer als in diesem Falle, wo er ein Maximum bezeichnet. In den nachstehenden Untersuchungen ist er immer korrigiert. Die Korrektur vereinfacht man dadurch, daß man den optischen Einfluß der Hornhaut graphisch darstellt und daran den anatomischen Abstand abliest, wenn der optische gegeben ist. Was die Linse anbetrifft, so kann man, ohne einen Fehler von mehr als ein paar hundertstel Millimeter zu begehen, den optischen Einfluß auf die Lage der hinteren Linsenfläche als eine Konstante setzen. Läßt man in der Formel:

$$a_3 = \frac{n_3 R_3 b_3}{(n_3 - n_2) b_3 + R_3 n_2}$$

b_3 zwischen 3 und 6 mm variieren (welche die äußerste Variationsbreite ist), so ergibt sich ein Wert für a_3 , welcher in jedem Falle in der Nähe des Wertes $b_3 + 0,14$ mm liegt, und darum ist auch:

$$C_1 S_4 = C_1 S'_4 + 0,14 \text{ mm.}$$

Eine andere notwendige Korrektur, die ausgeführt werden muß, betrifft die Berücksichtigung der Pupillengröße. Der Pupillenrand, an dem die Messung vorgenommen wird, ruht auf der Vorderfläche der Linse und verändert sein Tiefenniveau mit jeder Veränderung der Pupillengröße. Es ist notwendig, sorgfältig die Größe der Pupille zu messen und die Kammertiefe auf diese zu reduzieren, indem man die Dicke des Linsensegments berechnet, welches sich in die Pupillarebene eingedrängt hat.

Ich habe diese Reduktion für eine Pupillengröße gleich O ausgeführt, d. h. eine gedachte vollständig zusammengezogene Pupille, welche auf dem vorderen Linsenpol ruht. Die Berechnung geht folgendermaßen vor sich. In Abb. 9 ist R der Krümmungsradius der Linsenvorderfläche und r der Radius der Pupille.

$$\begin{aligned} y^2 &= R^2 - r^2 \\ y &= \sqrt{R^2 - r^2} \end{aligned}$$

und

$$x = R - y = R - \sqrt{R^2 - r^2}.$$

Setzt man $R = 10,00$ mm, so findet man nebenstehendes Schema für x , d. h. den Wert, den man von der gefundenen wirklichen Kammertiefe abziehen muß (siehe Kurve 1).

Dieses Verfahren ist weniger brauchbar zu Messungen der Akkommodationsveränderungen der Linse, weil infolge der Krümmung der Linse bei Akkommodation der Krümmungsradius unbekannt ist.

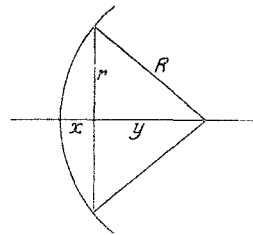
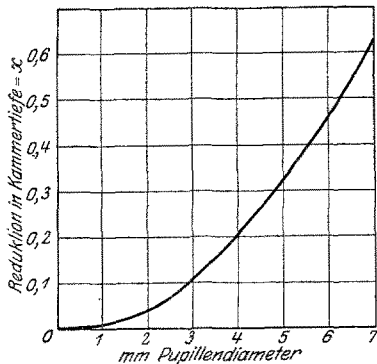


Abb. 9. Reduktion für die Pupillengröße. R = Krümmungsradius der Linsenoberfläche, r = Radius der Pupille.



Kurve 1. Graphische Darstellung der Reduktion für die Pupillengröße.

Gullstrand empfiehlt, die vordere Linsenfläche als Paraboloid zu betrachten. Der Unterschied hierbei wird verschwindend klein.

Nachdem diese Reduktion ausgeführt ist, erhält man als Resultat die wirkliche Vorderkammertiefe, gemessen vom Hornhautscheitel bis zu einer gedachten Pupillarebene, die auf dem vorderen Linsenpol ruht, mit einer Pupillengröße gleich = 0.

In Wirklichkeit entspricht der Linsenpol nicht dieser Ebene, da der Irisrand eine gewisse Dicke hat. Die Einstellung geht indessen vor sich bis zum Pigmentrande der Iris und deren Dicke ist unbedeutend. Wenn man die Resultate mit solchen vergleicht, bei denen die Messung zum vorderen Linsenpol gemacht ist, so muß man schätzungsweise 0,10 mm addieren als ungefähren Ausdruck für die Dicke des Pupillenrandes.

Frühere Untersuchungen über die Lage und Dicke der Linse.

Die klassischen Messungen über die Dimensionen des toten Auges sind von *Parfour du Petit* um das Jahr 1720 ausgeführt worden.

Petit stellte seine Untersuchungen mit Hilfe eines Instrumentes an, das er Ophthalmometer nannte. Dieses ist jedoch nicht identisch mit demjenigen optischen Instrument, das wir heute so nennen. Das Ophthalmometer von *Petit* bestand aus einem Kupfergalgen, an dessen Querbalken ein vertikal verschiebbarer Maßstab angebracht war.

Das Auge wurde mit der Hornhaut nach oben angebracht, das untere Ende des Maßstabes mit dieser in Berührung gebracht. Sodann wurde die Hornhaut abpräpariert und der Maßstab sukzessive in Kontakt mit dem vorderen Linsenpol und der Fossa patellaris gebracht. Auf diese Weise machte *Petit* 26 Linsenmessungen und fand Variationen von 3,76 (bei einem 30jährigen Individuum) bis zu 6,49 mm (bei einem 40jährigen Individuum). Aus der Zeit nach *Petit* liegen viele Messungen von toten Linsen vor, von denen folgende genannt werden können, ohne daß jedoch Anspruch auf eine vollständige Literaturübersicht gemacht werden kann.

Treviranus, *Soemmering* und *Tiedemann* verwendeten einen Zirkel zur Messung und fanden damit Kammertiefen von 2,13 bis zu 3,60 mm. Die Linsendicke betrug 3,61—5,64 mm.

Krause hat 9 Augen gemessen; er teilte das frisch herausgenommene Auge durch einen Sagittalschnitt, brachte die eine Hälfte in eiweißhaltigem Wasser unter das Mikroskop und las die Koordinaten der Punkte, die er bestimmen wollte, mittels einer in kleine Quadrate geteilten Glasscheibe, die auf der Schnittfläche des Auges ruhte, ab. Die von *Krause* gefundenen Kammertiefen variieren zwischen 3,39 und 3,95 mm, die Linsendicken zwischen 4,06 und 6,99 mm.

v. Helmholtz hat die Dicke von 2 toten Linsen gemessen und die Werte 4,20 und 4,31 mm gefunden.

Stadfeldt stellte Messungen an 13 herausgenommenen ausgewachsenen Linsen und an 11 Linsen von neugeborenen Kindern an. Seine Durchschnittswerte finden wir mit den übrigen zusammengestellt in untenstehender Tabelle. *Stadfeldt* macht selbst darauf aufmerksam, daß seine Messungen in gewissem Grade willkürlich sind, weil er die herausgenommenen Linsen zwar vorsichtig ausspannte, ohne jedoch kontrollieren zu können, inwieweit die Form der Linse dadurch verändert wurde.

Priestley Smith hat 29 frisch herausgenommene in Flüssigkeit liegende Linsen, gemessen und fand, daß deren Dicke zwischen 4,00 und 6,00 mm variierte.

In untenstehender Tabelle sind die Durchschnittszahlen dieser Messungen zusammengestellt und zwar in Altersgruppen von je 20 Jahren.

Dickenmessungen von toten Linsen.

Untersucher	Neugeborene	Dicke der Linse in Millimeter				
		0—20	20—40	40—60	60—80	> 80 Jahre
<i>Petit</i>		4,67	4,62	4,65	4,79	
<i>Treviranus, Tiedemann</i> und <i>Soemmering</i> . . .			4,51	4,46		
<i>Krause</i>			4,44	5,33		
<i>Stadfeldt</i>	3,93		3,80	3,89		
<i>Priestley Smith</i>			4,00	4,14	4,77	5,09

Im allgemeinen muß man die Messung, die an toten Augen vorgenommen worden sind, mit Mißtrauen betrachten. Insbesondere gilt dies für die Messungen der Camera anterior und bezüglich der Linsendicke. Was die Vorderkammertiefe betrifft, so kann man leider nicht sagen, daß alle der oben genannten Untersuchungen nach einer Methode angestellt worden wären, die eine grobe Veränderung während der Präparation ausschließt. Die auspräparierte Linse ist überaus schwierig zu messen, besonders gilt dies für junge weiche Linsen. Der Unterschied zwischen den Resultaten der verschiedenen Untersucher beruht wohl nicht nur darauf, daß die Durchschnittszahlen der Tabellen aus einer geringen Anzahl von Untersuchungen entnommen sind. Es ist wenig glaubhaft, daß die früheren Untersuchungsmethoden zum Ziel geführt haben sollen. *Stadfeldt* machte, wie gesagt, selbst auf eine unkontrollierbare Fehlerquelle aufmerksam. Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen von *Priestley Smith*, die wohl die bei der Messung von toten herausgenommenen Linsen überhaupt erreichbare Genauigkeit aufweisen.

Besonders klar zeigen diese letzten Zahlen, daß sich das Wachstum der Linse bis in das hohe Alter fortsetzt.

Messungen an lebenden Linsen wurden zuerst von *v. Helmholtz* vorgenommen, der mit seinem Ophthalmometer 3 Augenmaß. Die Vorderkammertiefe (S_1S_3), die Lage der hinteren Linsenfläche (S_1S_4) und die Dicke der Linse (S_3S_4) waren in diesen Augen:

Nr.	S_1S_3	S_1S_4	S_3S_4
1	3,76 mm	7,17 mm	3,41 mm
2	3,43 „	7,23 „	3,80 „
3	3,59 „	7,14 „	3,56 „

Diese 3 Individuen waren Frauen zwischen 25 und 30 Jahren. Nr. 1 war myop.

Entsprechende Werte fanden *Knapp*, *Adamück* und *Woinow*, auch *Gama Lobo* und *Berlin* mittels derselben Methode. *Reich* fand zum Teil kleinere, *v. Reuss* sogar bedeutend kleinere Werte für die Kammertiefe.

Donders stellte ein Mikroskop zuerst auf die Cornea und dann auf den Pupillenrand ein, dadurch fand er aber nur den Wert für die Kammertiefe. *Donders* selbst und seine Schüler führten ca. 60 Messungen aus, deren Ergebnisse ungefähr 0,5 mm unterhalb der von *v. Helmholtz* gefundenen Werte für die Kammertiefe liegen. *Donders* war abgeneigt, seine Resultate zu veröffentlichen, das läßt wohl darauf schließen, daß er selbst von ihrer Genauigkeit nicht überzeugt war. Nachdem *v. Reuß* inzwischen gleich niedrige Werte mit dem Ophthalmometer fand, teilte *Horstmann* die Resultate von 41 Messungen, die mit dem *Dondersschen* Ophthalmomikroskop gemacht worden waren, mit. Nämlich:

19 emmetrope Augen mit einer mittleren Kammertiefe	3,07 mm
18 myope „ „ „ „ „	3,27 „
9 hypermetrope „ „ „ „ „	3,01 „

Platenga fand später nach der gleichen Methode ungefähr entsprechende Zahlen.

Alle Werte, die nach dieser Methode gefunden wurden, sind klein, man darf heute sagen, zu klein. *Selenkowski* fand auf diesem Wege noch kleinere Zahlen als *Horstmann* und *Platenga*.

Tscherning fand mittels seines Ophthalmophakometers in 3 Augen folgende Zahlen:

Nr.	S_1S_3	S_1S_4	S_3S_4
1	3,45 mm	7,60 mm	4,06 mm
2	4,24 „	8,22 „	3,98 „
3	3,66 „	7,91 „	4,25 „
Durchschnittszahl .	3,81 mm	7,91 mm	4,10 mm

Stadfeldt hat 9 Augen gemessen (davon 3 hypermetrope und 2 myope), alle bei Männern von ungefähr 30 Jahren.

S_1S_3	S_1S_4	S_3S_4
3,81	7,48	3,67

Wie man sieht, zeigen diese Untersuchungen einen bedeutend größeren Abstand von der Cornea bis zur Hinterfläche der Linse als der Durchschnittswert 7,2 mm, den *v. Helmholtz* fand. Das gleiche zeigt sich bei einem anderen Schüler *Tschernings*, *Saunte*, der 98 Augen bei ungefähr 50 Personen mittels einer Modifikation der gewöhnlichen Ophthalmophakometrie maß. Aus diesen Messungen geht das von *Priestley Smith* gefundene Dickenwachstum der Linse mit zunehmendem Alter und die daraus folgende Abflachung der Camera anterior hervor. Die Durchschnittszahlen für *Sautes* Messungen sind folgende:

Alter	10—20	20—30	30—40	40—50	58—67 Jahre
S_1S_3	3,71 mm	3,73 mm	3,51 mm	3,43 mm	3,22 mm
S_1S_4	7,33 „	7,41 „	7,49 „	7,73 „	7,79 „
S_3S_4	3,62 „	3,68 „	3,99 „	4,29 „	4,57 „

Auerbach hat 86 Augen mit dem Ophthalmophakometer von *Tscherning* gemessen. Seine Arbeit, die nur in russischer Sprache erschienen ist, war mir leider nicht

zugänglich. Nach dem Referat von *Saunte* werden folgende Durchschnittszahlen für die verschiedenen Refraktionszustände gesetzt:

	S_1S_3	S_1S_4	S_4S_4
Emmetrope . .	3,40 mm	7,29 mm	3,89 mm
Myope	3,60 „	7,48 „	3,88 „
Hypermetrope .	3,50 „	7,44 „	3,94 „

Diese Durchschnittszahlen verlieren jedoch ihren Wert, wenn das Alter der Individuen nicht bekannt ist. Was die Linsendicke und die Kammertiefe anbetrifft, so schließt *Auerbach* nach *Saunte* auf folgendes: Myope haben im allgemeinen eine tiefere Vorderkammer als Emmetrope, bei höheren Graden von Myopie ist die Linse dünner. Das Resultat *Auerbachs*, nach welchem die Vorderkammer bei Hypermetropen tiefer ist als bei Emmetropen, wird wohl kaum mit den gewöhnlichen Verhältnissen übereinstimmen. *Besio* hat nach der gleichen Methode bei 4 jungen Menschen dünne Linsen von 2,95—3,25 mm gefunden. *Zeeman* hat 25 emmetrope, 25 hypermetrope und 25 myope Augen gemessen, zum Teil nach der *Tscherningschen* und zum Teil nach der *Helmholtzschen* Methode:

	Em.	H.	M.
S_1S_3	3,60 mm	3,55 mm	3,97 mm
S_3S_4	3,76 „	3,65 „	3,54 „
und auch S_1S_4	7,36 „	7,20 „	7,51 „

Zeeman nimmt an, daß die gefundenen Unterschiede der Kammertiefe dadurch verursacht werden, daß die Linsenvorderfläche bei Hypermetropie stärker gekrümmt ist als bei Myopie, so daß die vordere Linsenfläche sich in der Vorderkammer des hypermetropen Auges stärker vorbuchtet. Er meint, daß die Akkommodation auch eine Rolle spielt. Auf die Unterschiede der Linsendicke in den verschiedenen Refraktionszuständen legt er jedoch kein Gewicht.

Außer den genannten Untersuchungen sind Linsenmessungen noch nach anderen Methoden vorgenommen worden.

Mandelstamm und *Schöler* stellten nach der Anweisung von *v. Helmholtz* eine sogenannte mikrooptometrische Methode auf, nach welcher jedoch nur einige Untersuchungen gemacht wurden.

Blix hat eine originale Anordnung angegeben, die hier früher beschrieben wurde. Seine Resultate stimmen mit den von *v. Helmholtz* gefundenen überein. Ferner hat *Hegg* ein stereoskopisches Prinzip zur Tiefenmessung im Auge angegeben, *Grönholm* hat das Orthoskop von *Czermak* zur Schätzung der Vorderkammertiefe benutzt.

Lindstedt hat nach einer eigenen Methode mehrere Augen gemessen. Bei 114 Beobachtungen von Emmetropen fand er folgende Durchschnittszahlen für die Kammertiefe:

	0—15	15—30	30—50	50—80 Jahre
S_1S_3	3,68 mm	3,70 mm	3,56 mm	3,21 mm.

In letzter Zeit gab *Vogt* ein Verfahren an, nach welchem man mit Hilfe der *Gullstrand'schen* Nernstspaltlampe die Vorderkammer messen kann.

Alle hier genannten Untersuchungen der Vorderkammer und der Linsendicke im lebenden Auge entsprechen nur dem akkommodationsfreien Zustande. Es würde zu weit zu führen, die genannten Massen auch für das akkommodierende Auge im einzelnen zu schildern. Die Hauptzüge, über die heutzutage Einigkeit herrscht, sind wie bekannt folgende:

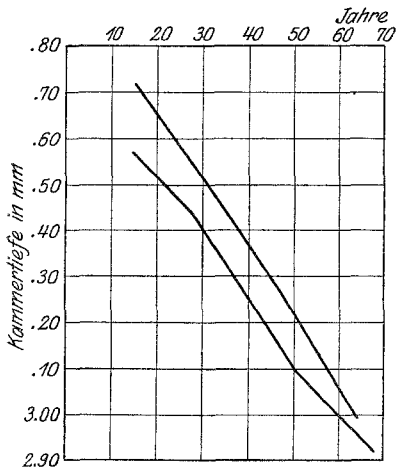
Bei der Akkommodation verdickt sich die Linse zentral, indem der vordere Linsenpol bedeutend näher an die Hornhaut rückt, während der hintere Linsenpol ungefähr seinen Platz beibehält.

Eigene Untersuchungen.

Die Lage und Dicke der Linse im normalen emmetropen Auge.

Ich legte Wert darauf, durchaus normales Material zu sammeln, um einigermaßen die Grenzen der physiologischen Variationen zu bestimmen.

Außerdem ist es interessant, sich weitere Klarheit über das Dickenwachstum der Linse mit zunehmendem Alter und dem davon abhängigen Abflachungsprozeß der Camera anterior zu verschaffen. Ferner habe ich versucht, eine Übersicht zu erlangen über diejenigen Faktoren, die mit der Kammertiefe zusammen variieren. Das normale Material, welches hier vorliegt, teilt sich in eine erste Gruppe von 144 Personen jeden Alters, bei denen nur die Vorderkammertiefe gemessen wurde (Gruppe 1). Eine andere (Gruppe 2) setzt sich zusammen aus 49 Individuen jeden Alters, bei denen außer der Kammertiefe auch die Lage der Linsenhinterfläche gemessen wurde, also die Dicke der Linse. Außerdem habe ich die Resultate von 101 Kammermessungen, die an Rekruten aus dem nördlichen Norwegen vorgenommen worden sind, mit berücksichtigt. (Früher veröffentlicht.)



Kurve 2. Kammertiefe bei Emmetropen.
Obere Kurvenlinie: Gr. II; untere Kurvenlinie: Gr. I.

Um ein absolut normales Material zu erhalten, wurden alle Augen auf Refraktionsanomalien und auf andere Leiden, von denen anzunehmen ist, daß sie die Lage und Dicke der Linse beeinflussen, untersucht. Wenn in später erwähnten Untersuchungen ein Leiden vorliegt, so ist dieses angeführt. Im übrigen besteht das Material aus ganz normalen Augen. Eine Ausnahme bildet manifest Hypermetropie bis zu einer Dioptrie bei älteren Individuen oder latente Hypermetropie bei jüngeren und zwar aus dem Grunde, weil dieser Grad von Hypermetropie bei der gewöhnlichen Untersuchung der jüngeren Individuen unbeachtet bleibt,

während er sich bei den Älteren verrät.

In der Untersuchung bezeichnet S_1 die Oberfläche der Cornea, S_3 und S_4 die Vorder- bzw. Hinterfläche der Linse und R_1 den Krümmungs-

radius der Hornhaut. Betrachten wir zuerst die Tiefe der Vorderkammer, d. h. die Lage des vorderen Linsenpols hinter der Vorderfläche der Hornhaut, so finden wir die Resultate der Messungen in in Gruppe 1 und 2 graphisch dargestellt durch Kurve 2. Es ergibt sich, daß die Werte von Gruppe 2 ein wenig größer sind als die von Gruppe 1. Die beiden Kurven verlaufen fast parallel.

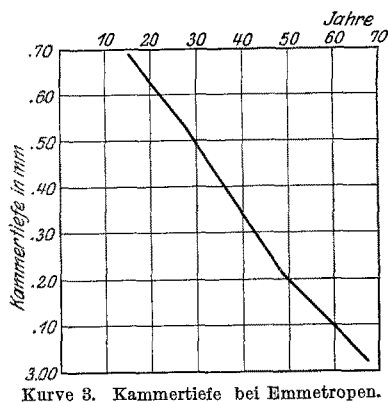
Der Abstand zwischen den Kurven ist:

Mit 15 Jahren ca.	0,14 mm
„ 30 „ „	0,11 „
„ 45 „ „	0,12 „
„ 65 „ „	0,03 „
<hr/>	
Durchschnittlich ca.	0,10 mm

Durchschnittlich liegen die Werte von Gruppe 2 0,10 mm über den Werten von Gruppe 1. Es sind aber bei jeder Gruppe verschiedene Meßmethoden angewandt worden; denn nur in Gruppe 2 ist nach der vorher beschriebenen Methode gemessen worden, nach welcher der Hornhautscheitel durch ein Spiegelbild nach dem *Bläzsch* Prinzip sichtbar gemacht wird. Bei den übrigen Untersuchungen ist die Einstellung auf die Hornhautoberfläche so vorgenommen worden, daß auf feine Xeroformkörner, die in Emulsionsform in den Conjunctivalsack gebracht worden waren, eingestellt wurde.

Betrachtet man die beiden annähernd parallel verlaufenden Kurven, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß der nur um wenig kleinere Wert von Gruppe 1 darauf zurückzuführen ist, daß bei der Untersuchung auf die Xeroformkörner ein wenig außerhalb des Hornhautscheitels eingestellt wird, so daß das gefundene Kammermaß um ein geringes zu klein ist. Hebt man die Werte von Gruppe 1, um 0,10 mm, so fallen die beiden Kurven fast zusammen und verschmelzen zu einer neuen Reihe von Werten, die hier als Kurve für die Lage der Linsenfläche im normalen emmetropen Auge (Kurve 3) betrachtet werden soll. Sie ergeben folgende Durchschnittswerte:

15	25	35	45	55	65 Jahre
Kammertiefe: 3,69 mm	3,57 mm	3,42 mm	3,27 mm	3,15 mm	3,04 mm.



Kurve 3. Kammertiefe bei Emmetropen.

Die ausgeprägte Abflachung der Vorderkammer mit zunehmendem Alter ist augenscheinlich; daraus geht hervor, daß es keinen gültigen Mittelwert für die Vorderkammertiefe gibt. Dagegen kann man wohl

von einem Mittelwert in den einzelnen Altersgruppen sprechen und als solcher sollen die obenstehende Werte benutzt werden. In der ersten Altersgruppe von 0—20 Jahren muß der Mittelwert etwas skeptisch betrachtet werden, weil die Untersuchungsindividuen im Wachstum begriffen sind und das Material zu klein ist, um die Entwicklung der Kammertiefe während des Wachstums zu beobachten. Der Verlauf der Kurve ist hier wahrscheinlich ungenau. Die größte der gefundenen Tiefen beträgt 4,17 mm bei einem 23jährigen Mann; das sind 116 % der Mitteltiefe seines Alters. Die kleinste Tiefe ist 2,34 bei einer 76-jährigen Frau oder zirka 79 % der Mitteltiefe ihres Alters. (Man muß hier berücksichtigen, daß diese beiden Zahlen aus Gruppe 1 stammen, in der zu jeder Zahl 0,10 mm addiert wurde.) Die größte Abweichung von dem Altersmittelwert findet sich mit 122 % bei einem 50jährigen Manne und mit 76 % bei einem 36jährigen Manne. Demnach scheint die Kammertiefe variieren zu können um ungefähr 25 % über oder unter der Alterskurve.

Vergleicht man diese Werte mit denen, die frühere Untersucher gefunden haben, so stimmen die Resultate ziemlich mit denen von *v. Helmholtz*, *Adamück*, *Woinow*, *Knapp*, *Blix*, *Tscherning*, *Auerbach*, *Saunte*, *Zeeman* und *Lindstedt* überein. *Reuß*, *Donders*, *Horstmann*, *Platenga*, *Selenkowski* haben zum Teil bedeutend kleinere Kammertiefen gefunden, *Stadfeldt* dagegen etwas größere. Es findet sich ferner, daß die Durchschnittszahl für ein junges Individuum mit dem Wert zusammenfällt, den *Helmholtz* und *Tscherning* für das schematische Auge benutzten (3,60 mm), während sie bedeutend kleiner ist als die Zahl von *Listig* (4,00 mm).

Wie man sieht, nimmt die Kurve für die Kammertiefe in verschiedenen Altern einen regelmäßigen Verlauf, wenn man einen Mittelwert anwendet, der sich aus einer genügenden Anzahl von Untersuchungen ergibt.

Es variieren jedoch die einzelnen Fälle von 75—125, wenn man den Mittelwert gleich 100 setzt.

Lassen sich anderen Factoren finden, die zusammen mit der Kammertiefe variieren?

Die große individuelle Variabilität, die augenscheinlich für alle Maße der Linse charakteristisch ist, läßt sich bei der Kammertiefe mit bloßem Auge beobachten. Dieser Faktor erschwert uns in hohem Maße die Beurteilung, ob pathologische Tiefenveränderungen vorliegen. Es liegt hier nahe, die Relationen zu den anderen Maßen im Auge zu untersuchen.

Bei früheren Messungen an Rekruten wies ich nach, daß ein Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Hornhaut und der Vorderkammertiefe besteht; d. h. bei einer großen Hornhaut ist die Kammertiefe entsprechend groß. In gleicher Weise fand ich auch den Zusammen-

hang zwischen großer Körperlänge, großer Kammertiefe und großem Durchmesser der Hornhaut.

In Gruppe 2 wurde der Krümmungsradius der Hornhaut gemessen. Untersucht man hier den Zusammenhang zwischen Kammertiefe und Hornhautkrümmung (jedoch ohne Berücksichtigung der Altersgruppen von 0—20 Jahren, wo die Kurve wohl keinen richtigen Wert für die mittleren Kammertiefen angibt), so findet man bei der Gruppe mit seichten Kammern ($>$ als 100 % der Mitteltiefe) einen Hornhauradius von 7,85 mm gegenüber 8,00 mm bei der tiefen Kammer.

Bourgeois und *Tscherning* haben die Beziehung zwischen großen Individuen, besonders solchen mit großem Kopf und geringer Krümmung der Cornea nachgewiesen. Eine wenig gekrümmte Hornhaut, deren großer Durchmesser und eine tiefe Vorderkammer sind, zusammen mit einer großen Körperlänge, der Ausdruck für einen hiermit proportional großen Augapfel.

Stellt man darüber Untersuchungen an, so findet man bei den 61 Frauen (über 20 Jahre), die hier untersucht wurden, daß deren Vorderkammertiefe durchschnittlich ungefähr 99,2 % der respektiven Altersdurchschnittstiefe beträgt; ein auffallend großer Prozentsatz im Verhältnis zur Körperlänge.

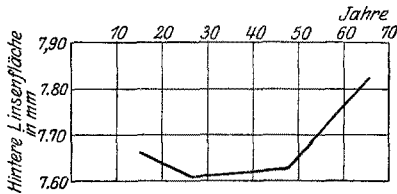
Daß *Priestley Smith* bei Männern Sagittalachsen von 24,8 mm, dagegen bei Frauen solche von 24,6 mm fand, steht unbedingt in Zusammenhang hiermit.

Auch die Rasse scheint auf die Augenmaße einen Einfluß auszuüben. Ich habe früher nachgewiesen, daß lappische Rekruten auffallend kleine Maße für Kammertiefe und Hornhautdurchmesser zeigen; das deutet auf kleine Bulbi. Gleiche Verhältnisse, die Hornhaut betreffend, fand *Brugsch* bei den Ägyptern. Auch in gewissen Familien kann man kleine Augendimensionen beobachten. Kleine starke gekrümmte Corneae und flache Kammern oft in Verbindung mit Hypermetropie und Astigmatisme samt ausgesprochen azentrischer Lage der Pupillen stehen in Zusammenhang mit einer schlechten Entwicklung des Sehorganes, die gleichmäßig in Mikrophtalmus übergeht.

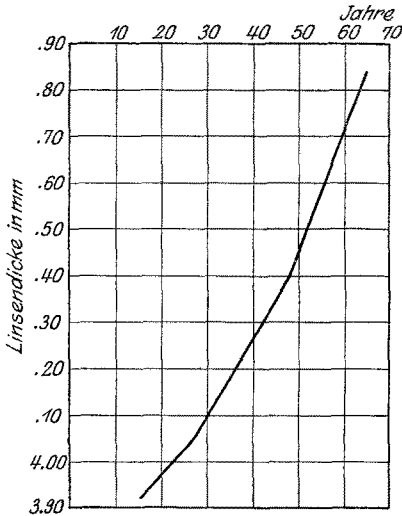
Wir haben bisher gesehen, daß die Tiefe der Vorderkammer ständig abnimmt, d. h. die Vorderfläche der Linse sich der Hornhaut nähert. Wird nun dieses dadurch verursacht, daß die Linse gepreßt oder hervorgezogen wird, oder aber ist es ein Ausdruck für das Wachstum der Linse?

Die Antwort ergibt sich, indem man die Lage der Linsenhinterflächen feststellt. Diese ist in Gruppe 2 ($S_1 S_4$) angegeben und man sieht daraus, daß die Lage der Linsenhinterfläche zwischen 6,77 und 8,62 mm hinter dem Hornhautscheitel variiert. Da das Krümmungszentrum der Hornhaut zwischen 7,40 und 8,58 mm hinter diesem Punkte variiert, so

liegt die Linsenhinterfläche auch sehr nahe bei dem Krümmungszentrum der Hornhaut, in der Regel ein wenig vor diesem, zuweilen aber auch darin oder dahinter. Ordnet man die Zahlen für die Lage der Linsenhinterfläche in Altersgruppen, so bilden die Durchschnittszahlen Kurve 4. Diese ist weniger regelmäßig als die Kurve für die Kammertiefen, weil das Material geringer ist, und auch weil die Genauigkeit der Messungen nicht so groß ist. Sieht man ab von der wahrscheinlich zu hohen Lage der Durchschnittszahl in den Gruppen von 0—15 Jahren, so zeigt die Kurve eine mit dem Alter aufsteigende Richtung, so daß die Linsenhinterfläche im Alter von 65 Jahren 0,20 mm hinter ihrer Lage im Alter von 25 Jahren liegt. Diese Verlagerung nach rückwärts ist bedeutend geringer als die Platzveränderung der Linsenvorderfläche, die sich im gleichen Zeitraum auf 0,33 mm beläuft. Hiervon abweichend fand *Saunte* mittels Ophthalmometrie, daß die Linse vor- und rückwärts ungefähr gleichmäßig wächst, so daß eine gedachte vertikale Fläche durch den Mittelpunkt der Linse ihren Platz beibehalten würde.



Kurve 4. Lage der Linsenhinterfläche bei Emmetropen.



Kurve 5. Dicke der Linse bei Emmetropen.

Die *Durchschnittsdicke der Linse* ist nach diesen Untersuchungen im Alter von:

0—20	20—40	40—60	60—80 Jahre
3,92 mm	4,05 mm	4,40 mm	4,84 mm

Das Resultat ist graphisch dargestellt in Kurve 5. Die Kurve hat eine regelmäßige Form und steigt mit dem Alter ständig, so daß die Dicke der Linse im Zeitraum vom

25. bis zum 65. Jahre um 0,81 mm zunimmt.

Wie bereits gesagt, hat *Priestley Smith* auf Grund von Linsenmessungen auf das ständige Wachstum der Linse hingewiesen. Er fand, daß der Querdurchmesser der Linse um ungefähr $\frac{1}{10}$, das Gewicht und das Volumen um ungefähr $\frac{1}{3}$ in dem Zeitraum zwischen dem 25. und 65. Lebensjahr zunahm. Dieses Mehrvolumen der Linse entspricht einer ungefähr gleichmäßigen Schale von etwa einem halben mm Dicke, die sich im genannten Zeitraum ringsum die Linse bildet. Das Dicken-

wachstum von 0,81 mm vom 25. bis zum 65. Lebensjahre, das hier festgestellt wurde, stimmt durchaus mit dem Wachstum überein, welches *Priestley Smith* an toten Linsen konstatierte, und auch mit dem, was *Saunte* und *Lindstedt* durch Messungen von lebenden Augen feststellten. Dagegen stimmen *Saunte* und ich in einem Punkte nicht ganz überein; während nämlich *Saunte* die Linse als Ganzes für unbeweglich hält, deuten meine Zahlen darauf, daß eine geringe Vorwärtsbewegung des Linsenmittelpunktes mit zunehmendem Alter stattfindet.

Da meine Kurven betreffs der Lage der Linsenhinterrfläche nicht ganz regelmäßig verlaufen, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Ophthalmophakometermessungen der Wirklichkeit näher kommen.

Auffallend ist die Übereinstimmung zwischen *Priestley Smiths* Maßen von herausgenommenen Linsen und den meinigen. Zusammengestellt sind die Zahlen folgende:

	20—40 Jahre	40—60 Jahre	60—80 Jahre
Werte von toten Linsen nach Priestley Smith	4,00 mm	4,14 mm	4,77 mm
Meine Werte für lebende Linsen	4,05 mm	4,40 mm	4,84 mm

Nach der *Helmholtz*schen Akkommodationstheorie stellten sich die jungen herausgenommenen Linsen in Maximalakkommodation und sind darum bedeutend dicker als akkommodationsfreie Linsen. Hier findet sich dieser Unterschied nicht. Dagegen ist zu bemerken, daß *Priestley Smith* nur eine kleine Anzahl von Untersuchungen im Verhältnis zu der großen Variationsbreite der Linsendicke machte. Dazu kommt, daß meine Zahlen für die Linsendicke bei jungen Individuen, wie schon gesagt, vielleicht keine guten Durchschnittszahlen sind.

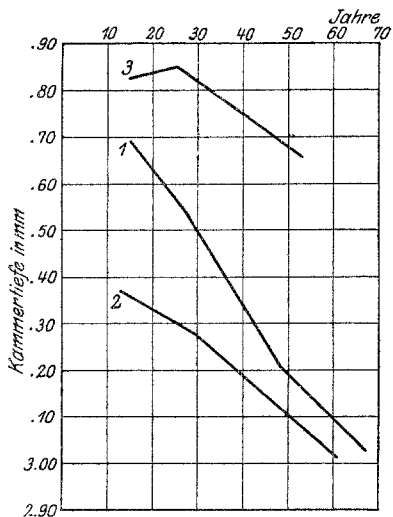
Die Lage und Dicke der Linse im hypermetropen Auge.

Das Material umfaßt 60 Untersuchungen, von denen 42 mit Rücksicht auf die Kammertiefe gemacht worden sind, in 18 Fällen ist auch die Lage der Linsenhinterrfläche in Betracht gezogen. Der Grad der Hypermetropie variiert zwischen 1,5 und 9 Dioptrien. Werden die Untersuchungen in Altersgruppen eingeteilt, so ergibt sich folgende Durchschnittszahl:

	0—20	20—40	40—60	60—80 Jahre
S_1S_3	3,37 mm	3,28 mm	2,99 mm	3,03 mm
S_1S_4	7,42 „	7,64 „	7,77 „	7,86 „
S_3S_4	3,95 „	4,28 „	4,65 „	4,84 „
R_1	7,83 „	7,91 „	7,89 „	7,81 „
Durchschnittsalter	12,4 Jahre	29,2 Jahre	53 Jahre	67,2 Jahre.

Was die Kammertiefe S_1S_3 angeht, so ist sie Kurve 6 graphisch dargestellt zusammen mit der Emmetropiekurve. Bei den zwei letzten

Altersgruppen findet sich eine bedeutende Unregelmäßigkeit, die wohl auf eine zu kleine Anzahl von Untersuchungen zurückzuführen ist. Das Material ist in einem gewissen Grade ungleichartig, weil die verschiedenen



Kurve 6. 1 = Kammertiefe bei Emmetropen; 2 = Kammertiefe bei Hypermetropen; 3 = Kammertiefe bei Myopen.

Grade von Übersichtigkeit zusammen genommen sind. Das führt zu Unregelmäßigkeiten in der Kurve. Kombiniert man (wie in Kurve 6) die beiden letzten Altersgruppen, so werden die Kurven übersichtlicher, und man bemerkt, daß die Hypermetropiekurve die Tendenz hat, sich mit zunehmendem Alter der Emmetropiekurve zu nähern. So findet man bei 15 Jahren einen Abstand von 0,30 mm zwischen den Kurven und bei 60 Jahren einen solchen von nur noch 0,10 mm.

Diese Form der Kurve deutet darauf, daß der wesentliche Grund der flachen Vorderkammer bei Hypermetropen in dem andauernden Akkommodationszustande zu suchen ist.

Es ist ein ganz natürliches Phänomen, daß man hier akkommodierende hypermetrope Augen findet, weil nie der Versuch gemacht wurde, diese dynamische Emmetropie aufzuheben. Das Untersuchungsindividuum fixiert, wie gesagt, eine Fixationsmarke, die in der optischen Unendlichkeit liegt.

Schiebt man die Hauptschuld an der flachen Vorderkammer des hypermetropen Auges dem Akkommodationszustande zu, so bleibt doch ein Rest zurück, der darauf schließen läßt, daß auch das ruhende übersichtige Auge eine flachere Kammer hat als das emmetrope. Erstens, weil der Unterschied von der Kammer der Emmetropen auch im jugendlichen Alter größer ist, als es sich bei einem mittleren Akkommodationsgrad erklären läßt, und zweitens weil der Unterschied in der Kammertiefe auch im akkommodationsfreien Alter bestehen bleibt.

Untersucht man, ob der Grad der Hypermetropie Einfluß auf die Vorderkammertiefe hat, so findet man, wenn man alle Individuen in zwei Gruppen teilt nämlich in Individuen über und unter 50 Jahren und in Hypermetropie über und unter 3 Dioptern, folgende Zahlen:

	Alter unter 50 Jahren:		Alter über 50 Jahren:	
	H < 3 Dptr.	H > 3 Dptr.	H < 3 Dptr.	H > 3 Dptr.
Kammertiefe	3,30 mm	3,28 mm	3,04 mm	3,03 mm.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß sich bei verschiedenen Graden von Übersichtigkeit ein tatsächlicher Unterschied in der Kammertiefe vorfindet, der hier nicht zum Ausdruck kommt. Man findet bei den höheren Graden von Hypermetropie Unwilligkeit zur Akkommodation, weil der Patient sich lieber mit einer weniger deutlichen Sicht begnügt, als daß er den Akkommodationszustand einnimmt.

Als Beispiel für ein Individuum, das nicht akkommodiert hat, dient Untersuchung Nr. 208. Hier deutet die außerordentlich tiefe Kammer (4,14 mm) und die dünne Linse (3,50 mm) darauf, daß das Auge mit seiner Hypermetropie von 5 Dioptrien sich im Ruhezustande befand.

Man sollte daraus schließen, daß auf Grund einer flachen Hypermetropiekammer bei jungen Hypermetropen eine dickere Linse zu finden sein müßte als bei Emmetropen im entsprechenden Alter.

Tatsächlich findet sich deutungsweise das genannte Verhältnis. Die Linse der Hypermetropen ist in der Jugend ungefähr 0,20 mm dicker als die der Emmetropen. Es sind jedoch so wenig Messungen über die Dicke von hypermetropen Linsen gemacht worden, daß man daraus keine Schlüsse ziehen darf.

Vergleicht man die Lage der Linsen hinterflächen bei der hypermetropen und emmetropen Augen, so findet man folgende Zahlenreihe:

	0—20	20—40	40—60	60—80 Jahre
S_1S_4 bei Emmetropen . . .	7,66 mm	7,61 mm	7,63 mm	7,82 mm
S_1S_4 bei Hypermetropen . .	7,42 „	7,67 „	7,77 „	7,86 „

Sieht man von den ersten Altersgruppen ab, so stimmen die Zahlen durchaus überein. Auch bei Hypermetropen findet man eine auffallend tiefe Lage der hinteren Linsenflächen.

Die hier gefundenen Ergebnisse über die Kammertiefe bei Hypermetropen sprechen gegen *Auerbachs* Resultat, daß die Vorderkammer bei Hypermetropen tiefer sei als bei Emmetropen. Dagegen unterstützen meine Zahlen die allgemein gemachte Beobachtung, daß die Vorderkammer bei Hypermetropen flach ist.

Wenn auch die Abflachung der Vorderkammer bei Hypermetropen im wesentlichen auf Grund deren Akkommodation zurückzuführen ist, so bleibt doch ein Rest vielleicht als Ausdruck für eine kleinere Achsenlänge, um nicht zu sagen ein überhaupt beschränktes Raumverhältnis des hypermetropen Auges, die in eine ausgeprägte Entwicklungsanomalie übergeht, dargestellt durch Mikrophthalmus mit starker Hypermetropie.

Als Beispiel für einen derartigen Übergang seien Nr. 196 und 197 genannt. Die Betroffenen waren Geschwister von 13 und 11 Jahren. Beide hatten kleine Corneae (ca. 10,5 mm im Diameter), eine Hypermetropie von ungefähr 7 Dioptrien und Nr. 196 hatte Linsenverdunklung im rechten Auge.

Die Lage und Dicke der Linse bei Myopen.

Die Vorderkammertiefe wurde bei 46 Myopen gemessen mit 0,75 bis 25 Dioptrien Anomalie. Bei 14 Individuen wurde auch die Lage der Linsen hinterfläche festgestellt.

In Altersgruppen zusammengestellt sind die Resultate folgender (die beiden letzten Altersgruppen sind zusammengefaßt, weil das Material zu klein war):

	0—20	20—40	40—80 Jahre
S_1S_3	3,83 mm	3,85 mm	3,66 mm
S_1S_4	7,69 „	7,87 „	8,12 „
S_3S_4	3,90 „	3,84 „	4,45 „
R_1	7,67 „	7,52 „	7,90 „
Durchschnittsalter	14,5 Jahre	25,6 Jahre	53 Jahre.

In bezug auf die Vorderkammertiefe sind die Durchschnittszahlen graphisch dargestellt in Kurve 6. Man sieht daraus, daß die Kammer der Myopen in jedem Alter tiefer ist als die der Emmetropen und besonders die der Hypermetropen. Die Alterskurve der Kammertiefe bei Myopen bildet in jeder Beziehung einen Gegensatz zu derjenigen der Hypermetropen; sie verlaufen je auf einer Seite der Emmetropenkurve. Während die Hypermetropiekurve sich bei zunehmendem Alter der Emmetropiekurve nähert, entfernt sich die Myopiekurve von dieser. Ferner findet sich bei der Myopiekurve die Eigentümlichkeit, die vielleicht nicht auf Zufall beruht, daß die Vorderkammertiefe ihren Höhepunkt im Alter von 20—40 Jahren erreicht, während in den beiden anderen Refraktionszuständen dieser Höhepunkt immer zwischen 0—20 Jahren liegt.

Dieses ersieht man aus der kleineren Steilheit, welche die myope Alterskurve in der Gesamtheit zeigt. Parallel mit dem Dickenwachstum der Linse geht im myopen Auge wahrscheinlich ein anderer Vorgang vor sich, der das Vorwachsen der vorderen Linsenfläche teilweise kompensiert. Dieser Vorgang besteht darin, daß die Linse als Ganzes nach und nach weiter von der Hornhaut wegrückt, wie dies auch durch die Lage der hinteren Linsenfläche im höheren Alter angedeutet wird. Dies sollte im 54 Jahre bei Hypermetropen und Emmetropen ungefähr 7,70 mm betragen, bei Myopen ist es dagegen 8,12 mm. Auf die tiefe Lage der Linse bei Myopie komme ich später zurück. Es scheint natürlich, daß dies auf die eine oder andere Weise mit der verlängerten Sagittalachse, die sich oft bei Myopie findet, zusammenhängt.

Diese lange Achse bei Myopie ist ein Faktor, der sich durch die Jahre hindurch nicht konstant erhält, sondern im jüngeren Alter, und bei höheren Graden von Myopie, auch im späteren Alter ständig wächst.

Es ist ein eigentümliches Phänomen, daß die bei höheren Graden von Myopie sich häufig findende ausgeprägte tiefe Vorderkammer

doch nicht immer vorhanden ist. Teilt man die Untersuchten in zwei Gruppen von unter und über 40 Jahren, und untersucht die Vorderkammertiefe bei exzessiven Myopiegraden in diesen beiden Gruppen, so findet man (wenn man mit exzessiver Myopie eine Anomalie von 5—9 und mehr Dioptrien bezeichnet):

	Alter < 40 Jahre	Alter > 40 Jahre
Exzessive Myope . .	3,80 mm	3,64 mm
Sämtliche Myope . .	3,84 „	3,66 „

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung würden vielleicht Tatsachen zutage fördern, die für unseren Standpunkt in der Myopiefrage von Bedeutung sind.

Was die Linsendicke im myopen Auge betrifft, so kann man auf Grund der wenigen Untersuchungen keine weiteren Schlüsse ziehen. Die Dicke der Linse ist hier in jedem Alter etwas geringer als die der Emmetropen.

Es sind bis jetzt in bezug auf die Kammertiefe und die Lage der hinteren Linsenfläche Unterschiede zwischen den drei Refraktionszuständen festgestellt worden. Sowohl die vordere als die hintere Linsenfläche liegen im myopen Auge weiter von der Hornhaut weg als im emmetropen, während im hypermetropen das Gegenteil der Fall ist. Um einen besseren Überblick über die Gesamtlage der Linse zu gewinnen, ist es zweckmäßig, ihre Lage mit Hilfe einer gedachten Frontalebene durch die Mitte der Sagittalachse zu berechnen. Die Lage dieses „Mittelpunktes“ der Linse wird der richtige Ausdruck für ihre Lage.

Da mein eigenes Material nicht genügend groß ist, so habe ich zur Kontrolle die Lage der Linse in den *Zeemans*chen Untersuchungen berechnet. (Letztere umfassen 25 Individuen für jeden der drei Refraktionszustände.)

Da *Zeemans* Untersuchungsindividuen zwischen 12 und 30 Jahren variieren, so stellte ich diese zusammen mit meinen Individuen unter 40 Jahren. Ein größerer Altersunterschied macht sich hier nicht geltend.

Die Lage des Linsenmittelpunktes hinter der Hornhaut:

	<i>Zeemans</i> Untersuchungen	Meine Untersuchungen
Hypermetropie . . .	5,38 mm	5,48 mm
Emmetropie	5,48 „	5,63 „
Myopie	5,74 „	5,83 „

Meine Zahlen zeigen durchschnittlich für die Lage der Linse eine größere Tiefe als die von *Zeeman* und zwar um 0,10 mm; aber die Verhältnisse zwischen den Refraktionszuständen sind in beiden Fällen die gleichen. Als Gesamtheit liegt die Linse im myopen Auge am tiefsten. Der Unterschied zwischen ihrer Lage im emmetropen und hyperme-

tropen Auge ist nicht groß, der Abstand von der Hornhaut zum Linsenmittelpunkt ist jedoch im hypermetropen Auge am kleinsten.

Nachdem durch die Übereinstimmung mit *Zeemans* Resultaten das Vertrauen zu meinen Durchschnittszahlen gestärkt worden ist, können wir auf Grund dieser Zahlen Untersuchungen über den Einfluß des Alters auf die Lage des Linsenmittelpunktes anstellen.

Die Lage des Linsenmittelpunktes hinter der Hornhaut:

	Alter < 40 Jahre	Alter > 40 Jahre
Hypermetropie . . .	5,48 mm	5,43 mm
Emmetropie	5,63 „	5,42 „
Myopie.	5,83 „	5,90 „

Während die Linse bei Hypermetropie und Emmetropie dazu neigt, sich bei zunehmendem Alter vorwärts zu verlagern, so scheint die Tiefe ihrer Lage bei Myopie eher mit dem Alter zuzunehmen. Ganz deutlich bemerkt man die tiefe Lage der Linse bei Myopie, wenn man die Lage der Linsenhinterfläche im Verhältnis zum Krümmungszentrum der Hornhaut untersucht.

		Alter < 40 Jahre	Alter > 40 Jahre
Hypermetropie .	R ₁	7,86 mm	7,85 mm
	S ₁ S ₄	7,52 „	7,80 „
Emmetropie . .	R ₁	7,97 „	7,89 „
	S ₁ S ₄	7,63 „	7,70 „
Myopie.	R ₁	7,62 „	7,90 „
	S ₁ S ₄	7,77 „	8,12 „

In beiden Altersgruppen liegt bei Hypermetropie und Emmetropie die Linsenhinterfläche *vor* dem Krümmungszentrum der Hornhaut, bei Myopie dagegen hinter diesem.

Ganz natürlich sieht man die verschiedene Lage der Linse in den drei Refraktionszuständen zusammen mit deren verschiedenen Länge der Augenachse. Eine solche Übereinstimmung zwischen Augenachse und Linsenlage ist schon vorher angedeutet bei Besprechung der Emmetropie, so daß die Kammertiefe von der Größe des Individuums abhängig ist und demnach auch der größere oder kleinere Bulbus.

Zeeman hat vollständige Linsenmessungen ausgeführt und hat für jedes Auge die Länge der Augenachse berechnet. Untersucht man in seinen Ergebnissen das Verhältnis zwischen der Länge der Augenachse und der Lage des Linsenmittelpunktes, so findet man folgendes:

	Augenachse		Hypermetr.	Emmetr.	Myopie
Verhältnis:	$\frac{\text{Augenachse}}{\text{Lage des Linsenmittelpunktes}}$	=	4,04	4,27	4,28

Man sieht, daß hier ungefähr ein ziemlich konstantes Verhältnis besteht, so daß die Myopen keine Sonderstellung mehr einnehmen. Ein einigermaßen gleichmäßiges Resultat findet man, wenn man das Verhältnis der Augenachse zur Kammertiefe berechnet. *Bis zu einem*

gewissen Grade ist also bei Emmetropie sowohl als bei Myopie und Hypermetropie die Kammertiefe ein Maß für die Achsenlänge des Auges. Eine Sonderstellung nehmen hier die höheren Grade von Myopie ein. Wie früher nachgewiesen, haben diese keine ihrem Grade proportional tiefe Vorderkammer.

Die Lage der Linse in den drei Refraktionszuständen kann auch von einem anderen Standpunkt aus betrachtet werden. Nähert sich die Linse der Hornhaut, so nimmt die Refraktion des Auges zu, während die brechende Fähigkeit des Auges abnimmt, wenn der Abstand zwischen Cornea und Linse zunimmt. Die charakteristische Lage der Linse bei Myopie und Hypermetropie trägt dazu bei, den Grad der Refraktionsanomalie zu verringern. Es liegt hier nahe zu denken, daß von seiten des Auges eine zweckmäßige Vorkehrung getroffen wird, um die optische Fehleinstellung zu kompensieren. Eine derartige Veränderung der Linsenlage in dem Spielraum, von dem man hier sprechen kann, würde jedoch ein schwaches Mittel zur Bekämpfung selbst geringer Grade von Refraktionsanomalie sein (bei einer Verlagerung um 1 mm nimmt nach *Heß* die Refraktion des Auges um 1,6 Dioptrien zu), und man ist geneigt aus diesem Grunde diesen Gedankengang zurückzuweisen. Anders wäre es, wenn man diese Lagenveränderung der Linse als Glied in einer Reihe von Veränderungen des Linsensystemes ansehen könnte, die geeignet wären, die Refraktionsanomalie zu kompensieren.

Zeeman machte dies zum Gegenstand seiner Untersuchungen. In einer Reihe von Augen, die er auf Grund gewisser optischer Proportionen als typisch für den respektiven Refraktionszustand bezeichnete, fand er außer flachen Vorderkammern auch stark gekrümmte Linsen im hypermetropen Auge; tiefe Kammern und flache Linsen im myopen Auge. Die Emmetropen nahmen eine Zwischenstellung ein. *Zeeman* sieht darin einen Kompensationsversuch von seiten der Linse um das anomale Verhältnis zwischen Hornhautkrümmung und Achsenlänge auszugleichen. Diese Veränderung im Linsensystem, die imstande ist ein paar Dioptrien Anomalie zu kompensieren, bezeichnet *Zeeman* als „Emmetropisation“.

Ein Studium der Anatomie des myopen Auges wird uns doch dazu führen, die respektiven Kammertiefen bei den Refraktionszuständen in direkte Verbindung mit der Achsenlänge des Auges zu bringen.

Die Linse hat eine doppelte Stütze. Durch die Zonula Zinnii ist sie am Ciliarkörper befestigt, besonders an deren inneren Kante, wo die Zonularfasern fixiert sind. Die andere Stütze bildet der Glaskörper, in dessen Fossa patellaris die Linse ruht. Sie ist in der Peripherie an der vorderen Grenzschicht des Glaskörpers durch das Ligamentum hyaloideo-capsulare befestigt. Da auch eine Verbindung zwischen

der Zonula und der Grenzschrift des Glaskörpers besteht, so bilden Ciliarkörper, Zonula, vorderer Teil des Glaskörpers und Linse ein gewissermaßen zusammenhängendes Ganzes, von dem jedes Glied an den Bewegungen der übrigen teilnimmt.

Stellen wir uns vor, daß sich das Auge in myoper Richtung entwickelt, dadurch, daß der hintere Teil der Scleralkapsel einem Zug von außen oder einem Druck von innen nachgibt, so daß sich die Achse des Auges verlängert, so werden Chorioidea, Retina und Corpus vitreum den Bewegungen der Tunica fibrosa nach rückwärts folgen. Dadurch entsteht ein elastischer Zug nach rückwärts, der durch Chorioidea, Retina und Glaskörper auf Ciliarkörper, Zonula und Linse so wirken wird, daß diese sämtlich nach hinten disloziert werden. Auf diese Weise wird die tiefe Kammer bei Myopie eine direkte Folge der verlängerten Achse. Gleichzeitig findet der eigentümlich langgestreckte myopische Ciliarmuskel eine Erklärung durch den elastischen Zug der Chorioidea verbunden mit einem gleichartigen Zug der Linse und der Zonula. Die bringt nach und nach die innere Kante des Ciliarkörpers in die für Myopie charakteristische Stellung.

Denkt man sich, daß die Scleralkapsel aus dem einen oder anderen Grunde eine mehr circumscriphte Dehnbarkeit im hinteren Pol besitzt, so zeigt sich ein mehr oder weniger scharf begrenztes Staphyloma verum. Es entsteht Überstreckung der Chorioidea mit geborstenen Stellen in der Lamina vitrea, des Corpus vitreum leidet auch unter verschiedenen krankhaften Zuständen. Die Bedingungen für einen Zug nach hinten sind in diesem Falle weniger günstig als wenn eine mehr diffuse Ausweitung der Scleralkapsel vorliegt. Da die mehr begrenzten hinteren Scelerektrasien mit Veränderungen in Chorioidea und Glaskörper für die höheren Grade von Myopie charakteristisch sind, so ist es erklärlich, daß man hier Vorderkammern findet, deren Tiefe nicht im Verhältnis zum Grade der Myopie oder zur Länge der Augenachse steht.

Gruppe I. 145 Emmetropen.

S_1 = Cornealoberfläche; S_2 = Vorderfläche der Linse.

Nr.	Alter	Geschl.	$S_1 S_2$	Nr.	Alter	Geschl.	$S_1 S_2$
1	7	m	3,40	12	17	m	3,64
2	15	m	3,65	13	11	m	3,34
3	16	m	3,50	14	11	m	3,65
4	18	m	3,74	15	17	f	3,94
5	14	f	3,60	0—20 Jahre:		Durchschnitt	3,57
6	10	m	3,91	16	27	m	3,34
7	15	m	3,36	17	28	m	3,46
8	19	m	3,46	18	23	m	3,42
9	18	f	3,36	19	23	m	3,89
10	19	m	3,43	20	26	m	3,44
11	13	f	3,53				

Nr.	Alter	Geschl.	S ₁ S ₂	Nr.	Alter	Geschl.	S ₁ S ₂	
21	27	m	3,55	72	43	f	2,83	
22	20	f	3,45	73	41	m	3,17	
23	28	f	3,28	74	44	f	3,59	
24	20	m	3,58	75	40	m	3,43	
25	23	m	3,85	76	44	f	3,16	
26	28	m	3,13	77	49	m	3,16	
27	20	m	3,50	78	40	m	3,59	
28	28	m	3,73	79	45	m	3,50	
29	26	m	3,34	80	43	m	2,99	
30	25	m	3,30	81	43	f	3,15	
31	20	m	3,39	82	41	m	3,00	
32	29	m	3,53	83	49	f	3,25	
33	23	m	3,43	84	40	m	3,35	
34	26	f	3,69	85	42	m	Neurit. retrobulbar.	3,52
35	25	f	3,31	86	42	m		3,05
36	23	m	3,26	87	47	f	1 dptr. hypermetr.	2,96
37	22	f	3,49	88	43	f		3,58
38	26	f	3,13	89	49	f		2,92
39	29	m	3,18	90	55	m		3,08
40	25	m	3,57	91	52	f	Trichiasis	3,28
41	22	m	3,43	92	59	m		2,92
42	25	f	3,56	93	50	m	Macula corneae	3,32
43	23	m	3,08	94	50	m		2,87
44	26	m	3,60	95	55	m		3,08
45	24	m	3,43	96	53	m	Neuritis	3,13
46	25	f	3,62	97	51	m		3,04
47	23	m	3,72	98	57	m	1 dptr. hypermetr.	2,62
48	29	f	3,20	99	57	f	1 dptr. hypermetr.	2,84
49	25	m	3,30	100	55	m	1 dptr. hypermetr.	2,91
50	29	m	3,50	101	54	m		2,78
51	29	f	3,35	102	55	m		2,80
52	25	m	3,38	103	58	m		2,80
53	20	m	0,5 dptr. hypermetr.	104	56	f		3,41
54	23	m	4,07	105	56	m		2,99
55	25	m	3,67	106	50	f		2,67
56	34	m	3,78	107	55	m	1 dptr. hypermetr.	3,49
57	32	m	Papillitis o. u.	108	57	m		3,22
58	35	m	3,25	109	53	m	1 dptr. hypermetr.	2,77
59	37	m	0,5 dptr. astigmat.	110	55	f	Atrophia n. opt.	2,45
60	37	m	3,31	111	50	m		3,10
61	36	f	0,5 dptr. hypermetr.	112	55	m		3,52
62	32	f	3,28	113	59	m		3,41
63	32	m	1 dptr. hypermetr.	114	53	f	0,5 dptr. hypermetr.	3,05
64	32	m	3,39	115	52	f	Trichiasis	3,28
65	39	m	3,79	40—60 Jahre: Durchschnitt				3,10
66	37	f	3,17					
67	34	f	3,53	116	69	m		2,43
68	33	f	3,24	117	65	f		2,82
69	30	m	3,40	118	69	m	1 dptr. hypermetr.	2,70
70	39	f	3,39	119	65	m	1 dptr. hypermetr.	2,56
71	33	m	3,53	120	69	m		3,16
20—40 Jahre: Durchschnitt			3,44	121	67	m		3,13

Nr.	Alter	Geschl.	S_1S_2	Nr.	Alter	Geschl.	S_1S_2
122	65	m	2,58	135	60	f	3,08
123	62	m	3,03	136	75	m	2,66
124	62	m	2,92	137	75	m	2,91
125	64	f	0,5 dptr. hypermetr.	138	70	m	Hemianopsia bitemp. 2,96
126	66	f	1 dptr. hypermetr.	139	75	m	2,55
127	64	f	0,5 dptr. hypermetr.	140	70	m	1 dptr. hypermetr. 3,01
128	63	f	1 dptr. hypermetr.	141	76	m	3,24
129	62	m	3,37	142	74	f	3,05
130	68	m	2,88	143	76	f	1 dptr. astigmat. 2,24
131	63	m	3,42	144	76	m	1 dptr. hypermetr. 3,03
132	69	m	Hemianopsia bitemp. 3,05	145	80	m	2,74
133	60	f	3,13	60—80 Jahre: Durchschnitt			2,92
134	69	m	0,75 dptr. hypermetr. 2,38				

Gruppe II. 49 Emmetropen.

S_1 = Cornealoberfläche; S_2 = Linsenvorderfläche; S_4 = Linsen hinterfläche; R_1 = Krümmungsradius der Hornhautvorderfläche.

Nr.	Alter		S_1S_2	S_1S_4	S_2S_4	R_1
146	9		3,63	7,59	3,96	7,45
147	14		3,90	8,04	4,14	7,90
148	17		4,02	8,09	4,07	7,95
149	18		3,57	6,89	3,32	7,50
150	18	1 dptr. hypermetr.	3,69	7,52	3,83	7,90
151	12		3,86	7,76	3,90	8,18
152	15		3,87	8,41	4,54	8,27
153	19		3,37	7,29	3,92	7,98
154	19		3,43			
155	15		3,78	7,37	3,59	7,75
0—20 Jahre: Durchschnitt			3,71	7,66	3,92	7,88
156	34		3,22	7,90	4,68	8,08
157	27		3,70	7,55	3,85	8,08
158	22		4,01	7,90	3,89	8,20
159	22		4,70	7,41	3,71	8,18
160	20	0,75 dptr. hypermetr.	4,00	7,55	3,55	8,08
161	27		3,39	7,31	3,92	8,08
162	34		3,55	7,61	4,06	8,38
163	20		3,81	8,00	4,19	8,46
164	35		3,56	7,57	4,01	7,80
165	23	1 dptr. hypermetr.	3,48	7,49	4,01	7,80
166	31	1 dptr. hypermetr.	3,52	7,94	4,42	7,80
167	21		3,60	7,50	3,90	8,35
168	36		2,60	7,14	4,54	8,23
20—40 Jahre: Durchschnitt			3,55	7,61	4,05	8,04
169	55		3,26			
170	50		3,57			
171	47		3,31	7,56	4,25	8,25
172	50		3,90	7,74	3,84	7,60
173	52		2,99	7,58	4,59	7,88
174	49		3,12	7,25	4,13	7,55

Nr.	Alter		S_1S_3	S_1S_2	S_2S_4	R_1
175	49		3,44	7,49	4,05	7,95
176	52		2,93	6,77	3,84	7,92
177	43	0,75 dptr. hypermetr.	3,16	7,33	4,17	8,18
178	54		3,32	7,64	4,32	7,50
179	58		2,82	7,87	5,05	7,45
180	45		2,96	7,52	4,56	7,50
181	50		2,90	7,60	4,70	7,68
182	42	1 dptr. hypermetr.	3,39	7,94	4,55	7,80
183	40		3,35	7,97	4,62	8,58
184	52		3,37	8,62	5,25	8,48
185	50		3,40	7,52	4,12	7,83
40—60 Jahre: Durchschnitt			3,25	7,63	4,40	7,86
186	64		3,01	7,75	4,74	8,05
197	65	1 dptr. hypermetr.	2,99	7,67	4,68	7,75
188	65	0,75 dptr. hypermetr.	3,54	8,15	4,61	8,08
189	73	1 dptr. hypermetr.	2,78	7,41	4,63	8,18
190	61		3,41	8,10	4,69	7,75
191	62		2,84	8,00	5,16	8,08
192	61	1 dptr. Linsenast.	2,60	7,87	5,27	8,40
193	67	1 dptr. Corneal. ast.	2,49	7,44	5,05	7,40
194	61	1 dptr. Corneal. ast.	3,21	7,89	4,68	7,75
60—80 Jahre: Durchschnitt			2,99	7,82	4,84	7,94

Hypermetrope.

Nr.	Alter	Geschl.	Refraktion	S_1S_2	S_1S_4	S_2S_4	R_1
195	8	f	+ 1,5	3,84			
196	13	f	+ 7	2,72			
197	11	m	+ 7	3,03			
198	10	f	+ 2	3,66			
199	16	f	+ 5	3,45			
200	19	f	+ 2	3,29			
201	11	f	+ 9	2,97			
202	14	m		3,17			
203	11	f	+ 9	3,52			
204	16	f	+ 1,5	3,08	7,59	4,51	7,90
205	12	f	+ 3	3,23	7,29	4,06	7,90
206	10	m	+ 1,5	3,30	7,42	4,12	8,18
207	14	f	+ 1,25	3,92	7,39	3,47	8,08
208	10	f	+ 5	4,14	7,64	3,50	7,50
209	11	f	+ 3	3,16	7,20	4,04	7,43
0—20 Jahre: Durchschnitt				3,37	7,42	3,95	7,83
210	20	f	+ 3	2,89			
211	22	m	+ 5	3,45			
212	39	m	+ 4,5	3,36			
213	28	f	+ 1,25	3,13			
214	25	f	+ 1,25	3,38			
215	31	f	+ 5	3,41			
216	38	m	+ 3	3,35			
217	26	f	+ 1,5	3,39			

Nr.	Alter	Geschl.	Refraktion	S_1S_2	S_1S_4	S_2S_4	R_1
218	35	f	+ 4,5	2,72			
219	38	f	+ 1,5	3,32			
220	22	m	+ 6	3,66	7,92	4,26	8,08
221	34	f	+ 3	3,39	7,62	4,23	8,08
222	26	f	+ 3,5	3,25	7,64	4,39	7,80
223	25	m	+ 2,0	3,28	7,50	4,22	7,66
20—40 Jahre: Durchschnitt				3,28	7,67	4,28	7,91
224	53	f	+ 1,5	2,94			
225	55	m	+ 1,5	3,19			
226	52	f	+ 1,5	3,19			
227	53	m	+ 1,5	2,76			
228	59	m	+ 1,5	2,75			
229	48	f	+ 1,5	3,04			
230	47	m	+ 2	3,20			
231	59	m	+ 3,5	3,16			
232	55	f	+ 1,5	2,72			
233	57	f	+ 2	2,70			
234	49	f	+ 1,5	2,67			
235	59	m	+ 3	3,02			
236	59	f	+ 2,5	2,82	7,67	4,85	7,75
237	51	m	+ 2	3,70	7,71	4,01	8,09
238	54	m	+ 1,5	3,22	8,05	4,83	7,98
239	48	f	+ 2	2,73	7,65	4,92	7,73
40—60 Jahre: Durchschnitt				2,99	7,77	4,65	7,89
240	67	f	+ 2	2,31			
241	74	m	+ 4	2,94			
242	78	f	+ 2,5	2,94			
243	64	m	+ 4	3,26			
244	65	f	+ 1,5	3,14			
245	63	m	+ 4,5	2,85			
246	67	f	+ 2	3,19			
247	63	m	+ 2	2,83			
248	65	m	+ 3	3,14			
249	76	m	+ 1,5	3,13			
250	69	f	+ 3,5	2,70			
251	67	f	+ 5,5	3,02	7,69	4,67	7,55
252	60	m	+ 2,5	3,01	7,70	4,69	8,08
253	64	f	+ 1,5	3,15	7,81	4,66	7,60
254	66	m	+ 1,5	2,81	8,14	5,33	8,00
60—80 Jahre: Durchschnitt				3,03	7,83	4,84	7,81

Myope.

255	17	m	÷ 1	3,69			
256	14	m	÷ 0,75	4,00			
257	16	f	÷ 4	3,80			
258	19	m	÷ 0,75	3,81			
259	12	f	÷ 4,50	4,07			
260	15	m	÷ 1,5	3,87	7,80	3,93	8,03

Nr.	Alter	Geschl.	Refraktion	S_1S_2	S_1S_4	S_2S_4	R_1
261	9	f	$\div 2,5$	3,46	7,62	4,16	7,10
262		f	$\div 10$	4,01	7,72	3,71	7,66
263	13	f	$\div 3,5$	3,79	7,18	3,39	7,58
264	16	f	$\div 1,5$	3,81	8,14	4,33	8,00
20—40 Jahre: Durchschnitt				3,83	7,69	3,90	7,67
265	24	m	$\div 4,5$	3,92			
266	28	m	$\div 2$	4,01			
267	23	m	$\div 0,5$	3,67			
268	26	m	$\div 3,75$	3,64			
269	27	m	$\div 0,5$	3,41			
270	24	m	$\div 1,25$	4,05			
271	25	f	$\div 2$	4,01			
272	27	m	$\div 2$	3,71			
273	27	f	$\div 2,5$	3,56			
274	22	m	$\div 9$	4,00			
275	23	m	$\div 4$	4,25			
276	22	f	$\div 1$	3,79			
277	23	m	$\div 1$	3,76			
278	21	f	$\div 1$	3,74			
279	22	m	$\div 0,75$	3,93			
280	32	m	$\div 16$	3,79			
281	35	f	$\div 14$	3,41			
282	22	m	$\div 2,75$	4,07			
283	24	m	$\div 2$	4,29	7,84	3,55	7,70
284	26	f	$\div 3$	3,88	8,03	4,15	7,20
285	34	m	$\div 3$ (Ast)	3,98	7,81	3,83	7,67
20—40 Jahre: Durchschnitt				3,85	7,87	3,84	7,52
286	48	f	$\div 14$	3,37			
287	42	m	$\div 12$	3,98			
288	42	f	$\div 2$	3,90			
289	59	m	$\div 6$	3,77			
290	56	f	$\div 11$	3,38			
291	47	m	$\div 0,75$	3,59			
292	58	f	$\div 7$	3,51			
293	43	m	$\div 15$	3,66			
294	54	f	$\div 9$	3,62	8,44	4,82	7,88
295	51	f	$\div 16$	3,40	7,62	4,22	7,85
296	40	f	$\div 8$	3,69	8,20	4,51	8,50
297	44	f	$\div 1,5$ (Ast)	3,66	7,78	4,12	7,50
40—60 Jahre: Durchschnitt				3,63	8,01	4,42	7,93
298	74	m	$\div 13$	3,69			
299	70	f	$\div 15$	3,93	8,30	4,37	7,80
300	67	m	$\div 25$	3,71	8,35	4,64	7,85
60—80 Jahre: Durchschnitt				3,78	8,33	4,51	7,83

Literaturverzeichnis.

Adamück und Woinow, Zur Frage über die Akkommodation der Presbyopen.
v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 1870. — v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen

Optik. Herausgegeben von Nagel. 1909. — *Hess*, Pathologie und Therapie des Linsensystems. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilkunde. 3. Aufl. Bd. 6. II. Teil. Kap. IX. — *Hess*, Die Refraktion und Akkommodation des menschlichen Auges und ihre Anomalien. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilkunde. 3. Aufl. Bd. 8. Kap. XII. — *Hortsmann*, Über die Tiefe der vorderen Augenkammer. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 1879. — *Knapp*, Über die Lage und Krümmung der Oberflächen der menschlichen Krystalllinse. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 1860. — *Lindstedt*, Über die Messung der Tiefe der vorderen Augenkammer mittels eines neuen, für klinischen Gebrauch bestimmten Instruments. Arch. f. Augenheilk. 80, Heft 2. — *Mandelstamm* und *Schöler*, Eine neue Methode zur Bestimmung der optischen Konstanten des Auges. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 18. 1872. — *Priestley Smith*, Glaucoma problems. Ophthalmic rev. 1910, 1911, 1912. — *Raeder*, Et nyt instrument til maaling av camera anterioris dybde. Norsk Magaz. f. laegevidenskaben 1918, Nr. 8. — *Raeder*, En del maalinge av camera anterioris dybde i det normale emmetrope öie. Norsk tidskr. f. milit.-med. 1919, Nr. 6. — *Reich*, Resultate einiger ophthalmometrischen und optometrischen Messungen. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 20. 1874. — *Reuss*, Untersuchungen über die optischen Konstanten ametropischen Augen. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 23. 1877. — *Saunte*, Linsemaalinge. Odense 1905. — *Stadfeldt*, Den menneskelige linses optiske konstanter. Kjöbenhavn 1898. — *Steiger*, Die Entstehung der sphärischen Refraktionen des menschlichen Auges. Berlin 1913. — *Tscherning*, Physiologic optics. Translation by Weiland. Philadelphia 1904. — *Tscherning*, Hermann v. Helmholtz und die Akkommodationstheorie. Übersetzt von Thorey. Leipzig 1920. — *Zeemann*, Linsenmessungen und Emmetropisation. v. Graefes Arch. f. Ophthalmol. 78. 1911.