Arbeiten aus dem Gebiete der Accommodationslehre.

V. Untersuchungen über den Nahepunkt.

Von
Prof. C. Hess
in Marburg.

Aus meinen früher mitgetheilten Beobachtungen über den Accommodationsvorgang (dieses Arch. XLII. 1. S. 288 und XLIII. 3. S. 477) ergibt sich eine veränderte Betrachtungsweise für eine Reihe wichtiger Fragen aus der Accommodationslehre. Von diesen sollen einige in den folgenden Aufsätzen erörtert werden. In erster Linie waren meine neuen Untersuchungen auf die Ermittlung des Zusammenhanges zwischen Accommodation und Convergenz gerichtet. Es zeigte sich aber bald, dass zu diesem Zwecke eingehendere Untersuchungen als bisher über den Nahepunkt unter physiologischen und abnormen Bedingungen erforderlich waren.

I. Ueber den wirklichen und den scheinbaren Nahepunkt.

Als Nahepunkt im strengen Sinne ist derjenige Punkt im Raume zu bezeichnen, von welchem bei maximaler Wölbung der Linse ein scharfes Bild auf der Netzhaut zu Stande kommt. Er möge kurz als wirklicher Nahepunkt bezeichnet werden. Nach der allgemein gebräuchlichen Definition soll der Nahepunkt demjenigen Punkte

entsprechen, auf welchen das Auge bei maximaler Ciliarmuskelcontraction eben einstellen könne. Diese letztere Definition ist, wie ich gezeigt habe, nicht genügend: Das Auge hat im Allgemeinen nicht entfernt maximale Ciliarmuskelcontraction nöthig, um der Linse die grösstmögliche Wölbung zu geben. Die Nothwendigkeit einer Aenderung der Definition im obigen Sinne ergibt sich auch aus dem Folgenden.

Bei fast allen praktischen und vielen wissenschaftlichen Nahepunktsbestimmungen geht man so vor, dass man ein feines Object dem Auge nähert, bis es merklich unscharf erscheint. Man bestimmt also eigentlich nur die Grenze der Sichtbarkeit kleinster Zerstreuungskreise. Der entsprechende Punkt, den wir als scheinbaren Nahepunkt¹⁾ bezeichnen können, fällt im Allgemeinen nicht mit dem wirklichen zusammen, sondern liegt dem Auge merklich näher, als dieser. Die Differenz zwischen wirklichem und scheinbarem Nahepunkt kann bei verschiedenen Beobachtungsbedingungen sehr verschieden gross sein. Sie hängt, bei gleicher Leistungsfähigkeit der percipirenden Elemente, u. A. ab von der relativen Grösse des Sebjectes, von dem Helligkeitsunterschiede zwischen Object und Grund, von den kleinen Unregelmässigkeiten des dioptrischen Apparates, vor Allem aber auch von der Pupillenweite. Indem man die unter verschiedenen äusseren Bedingungen gemessenen Werthe ohne Weiteres zu einander in Beziehung brachte, wurde man mehrfach zu irrigen Ansichten geführt.

Die erwähnten Nachtheile lassen sich zum grossen Theile vermeiden bei Messungen nach dem Princip des Scheiner'schen Versuches (Porterfield-Young'sches, Stampfer'sches Optometer u. A.) Es ist in der Regel leichter anzugeben, wann ein genügend feines Object eben

¹⁾ Diese Bezeichnung sowie hierhergehörige Erörterungen findet man auch in der Arbeit von Salzmann, „Ueber das Sehen in Zerstreuungskreisen“ (dieses Arch. XLIX. 1. S. 115 ff.).

doppelt gesehen wird, oder wann ein kleines, durch zwei punktförmige Oeffnungen gesehenes punktförmiges Object nicht mehr kreisrund, sondern in die Länge oder Breite gezogen erscheint (siehe unten), als zu bestimmen, wann es nicht mehr mit scharfen Contouren gesehen wird. Vor Allem aber sind solche Messungen innerhalb viel weiterer Grenzen unabhängig von der Pupillenweite, (was bei der gewöhnlichen Bestimmungsmethode mittels enger Blenden etc. meist nur unvollkommen erreicht werden kann). Der mit Optometern nach dem Princip des Scheiner'schen Versuches bestimmte Nahepunkt wird also im Allgemeinen dem wirklichen näher liegen, als der mit der üblichen Methode gefundene, und es können bei Messungen, die mit verschiedenen weiten Pupillen angestellt sind, eher vergleichbare Resultate erhalten werden. Die Nothwendigkeit, für die meisten solcher Messungen die Accommodation willkürlich zu beherrschen, steht einer ausgedehnten Anwendung der Methode in der Praxis im Wege.

Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie weit die mit beiden Methoden gewonnenen Ergebnisse von einander abweichen können, stellte ich einige vergleichende Messungen in folgender Weise an:

Das Sehobject war auf einem runden, mit Millimeteintheilung versehenen Metallstabe, der an seinem einen Ende eine Vorrichtung zum Einbeissen der Zähne hatte, verschieblich angebracht. Zur Anstellung des Scheiner'schen Versuches wurde dicht vor den Augen ein Gestell mit zwei gegeneinander verschieblichen Blenden angebracht. Die Blende für das eine Auge hatte zwei Löcher von je circa 0,5 mm Durchmesser und circa 1,5 mm Mittelpunktsabstand, die andere Blende diente in vielen Versuchen nur zum Verdecken des zweiten Auges, für besondere Zwecke (siehe unten) liess sich in ihr eine kleine, kreisrunde Oeffnung verschieblich anbringen.

Als Fixiobject benutzte ich bei Anstellung des Scheiner'schen Versuches eine feinste punktförmige Oeffnung in einer gleichmässig schwarzen, von rückwärts beleuchteten Fläche. Ich fand es so ziemlich leicht, die Grenze des Einfach- bzw. Doppelt-

sehens des punktförmigen Objectes anzugeben. Führt man die Blende mit den zwei Oeffnungen in kleinen Bewegungen in der Richtung der Verbindungslinie der Löcher vor der Pupille hin und her, so erscheint bei nicht genauer Einstellung des Auges der Punkt bald einfach, bald, wenn eben beide Löcher gleichzeitig vor der Pupille liegen, doppelt. Nähert man sich der genauen Einstellung, so fliessen die beiden Punkte zunächst zu einem kurzen hellen Striche zusammen, wenn beide Löcher vor der Pupille liegen. Je näher man der richtigen Einstellung kommt, um so kürzer wird dieser Strich; bei genauer Einstellung sieht man einen feinen runden Punkt. Ich bestimme hier also nicht die Stelle, wo der vorher einfach gesehene Punkt doppelt gesehen wird, sondern jene, wo der vorher kreisrund gesehene Punkt eben merklich elliptisch erscheint. Es ist ersichtlich, dass man so dem wirklichen Nahepunkte noch näher kommt, als bei der gewöhnlichen Bestimmung des Doppeltsehens des Punktes. Die kleinen Bewegungen mit der Blende erleichtern die Ermittlung eben dieses Punktes durch die Möglichkeit, das durch nur ein Loch entworfene Punktbild mit dem durch beide entworfenen zu vergleichen.

Der für die Pupillarstrahlen in Betracht kommende Theil des dioptrischen Apparates hat bekanntlich meist nicht an allen Stellen genau gleiche Refraction. Wenn also nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind, dass stets ungefähr die gleiche Stelle des dioptrischen Apparates untersucht wird (s. u.), so bestimme ich bei der geschilderten Messungsweise (Bewegung der Blende mit den beiden Löchern vor der Pupille) den Nahepunkt für die relativ am schwächsten brechenden Stellen des dioptrischen Apparates. Der so gemessene Nahepunkt dürfte im Allgemeinen nur um eine sehr geringe Grösse von dem wirklichen abweichen. Wir wollen im Folgenden annehmen, dass diese Messungen den wirklichen Nahepunkt selbst anzeigten. Zur Messung des Nahepunktes nach den in praxi gebräuchlichen Methoden benutzte ich theils Jäger Nr. I oder, um bei Messungen in verschiedenen Abständen möglichst gleichmässige Beleuchtung zu haben, auf Glas photographirte und von hinten beleuchtete Druckschrift von ca. 0,34 mm Buchstabenhöhe, theils die käuflichen sogenannten v. Graefe'schen Drahtoptometer.

Die in allen Büchern zu lesende Angabe, eine genaue Nahepunktsbestimmung sei sehr schwer, weil „das Maximum der Accommodationsspannung sehr von der Uebung ab-

hängig sei und nur für einen kurzen Moment eingehalten werden könne“, ist heute nicht mehr aufrecht zu halten. Das Maximum der Accommodationsspannung, (womit hier maximale Ciliarmuskelcontraction gemeint ist), ist ja bei der Nahepunktsbestimmung nicht entfernt erforderlich.

Zahlreiche vergleichende Messungen ergaben mir für mein rechtes, angenähert emmetropisches Auge ($S = \frac{6}{4}$), dass der mit der üblichen Methode bestimmte Nahepunkt von dem nach dem Scheiner'schen Principe bestimmten um Grössen im dioptrischen Werthe von ca. 1 D verschieden sein kann, d. h. bei gleicher Fernpunktslage würde meine Accommodationsbreite bei der gewöhnlichen Messungsweise um ca. 1 D grösser erscheinen, als bei der letzteren. Wenn dies auch für viele praktische Zwecke nicht sehr in's Gewicht fällt, so ist doch ersichtlich, dass für wissenschaftliche Untersuchungen die übliche Identificirung von scheinbarem und wirklichem Nahepunkt nicht zulässig ist.

II. Einfluss des Eserins auf die Accommodationsbreite.

Der Einfluss des Eserins auf die Lage des Nahepunktes ist früher von einer grossen Zahl von Forschern systematisch untersucht worden, so von Donders und Hamer, v. Graefe, Krenchel, v. Zehender, Lang und Barrett u. A. Die Genannten haben sämmtlich mit der üblichen Methode der Annäherung feiner Objecte (Drähte, Punktsysteme u. s. w.) untersucht. Bis auf v. Zehender kommen Alle zu dem Ergebnisse, dass Eserin die Accommodation stark beeinflusse und insbesondere auch den Nahepunkt dem Auge merklich annähere. Nur v. Zehender giebt von $\frac{1}{2}\%$ igem salicylsaurem Physostigmin an, dass seine Einwirkung auf die Accommodation „in Abrede genommen, oder mindestens, im Hinblick auf einige die Reinheit des Versuches störende Momente als zweifelhaft und wiederholter Prüfung bedürftig hingestellt werden“ müsse.

Ueber den Grad der Refractionserhöhung durch Hereinrücken des Nahepunktes gehen die Angaben weit auseinander. Mehrere Autoren verzeichnen eine Annäherung des Nahepunktes im dioptrischen Werthe von 1—3 D, dagegen finden Lang und Barrett eine solche bis zu einem Werthe von 13,89 D bei jugendlichen, ja bis zu mehr als 18 D bei presbyopischen Augen, während nach v. Graefe gerade „bei Presbyopie das ganze Accommodationsphänomen sich auffallend gering und vollends bei senilen Accommodationsbreiten, unter $\frac{1}{16}$, völlig defect erwies“.

Ich habe in einer früheren Abhandlung die an meinem Auge nach Eserin mit der üblichen Methode gemessene Annäherung des Nahepunktes im Werthe von ca. 1,5 D ausdrücklich nur als eine scheinbare, lediglich durch Pupillenverengung bedingte bezeichnet.

Von späteren Angaben möge erwähnt werden, dass Reddingius bemerkt, er habe bei Messung mit der von v. Helmholtz angegebenen (gleichfalls von der Pupillenweite wesentlich unabhängigen) Methode keine Aenderung des Nahepunktes nach Anwendung kleiner Eserinmengen gefunden. Doch betont er ausdrücklich die Möglichkeit, dass er eine Annäherung bei Gebrauch stärkerer Lösungen vielleicht gefunden haben würde. Tscherning giebt an, mit Eserin die Accommodationsbreite etwas grösser als bei spontanem Accommodiren gefunden zu haben.

Dieser Ueberblick über so vielfach einander widersprechende Angaben forderte zu einer erneuten Untersuchung der Frage auf. Nach Einträufeln von Eserin bestimmte ich wiederholt in kleinen Zwischenpausen nach den verschiedenen, oben angegebenen Methoden meinen Nahepunkt. Ich verzichte auf die Wiedergabe der ausführlichen Tabellen und gebe nur kurz die Resultate: In dem Maasse, als die Pupille enger wurde, rückte der mit Leseproben gemessene Nahepunkt an das Auge heran, so dass bei engster Pupille die scheinbare Refraktionszunahme fast 1,5 D betrug. Der nach dem Scheiner'schen Princip gemessene Nahepunkt dagegen blieb die ganze Zeit

merklich genau an der gleichen Stelle, wie vor der Eserinisirung. (Hierbei wurden thunlichst die den mittleren Pupillentheilen entsprechenden Parthieen des dioptrischen Apparates untersucht.) Dass etwa zu wenig Eserin eingeträufelt worden sei, ist u. A. schon dadurch ausgeschlossen, dass mein Ciliarmuskel sich längere Zeit in einem Zustande dauernder, hochgradiger Contraction befand. Entsprechende Ergebnisse erhielt ich mit einem Young'schen Optometer (in der von Tscherning angegebenen Form). Um eine Vorstellung darüber zu gewinnen, ob wirklich die Pupillenverengung allein ausreicht, um die Annäherung des scheinbaren Nahepunktes durch Verkleinerung der Zerstreuungskreise zu erklären, kann man folgende Berechnung anstellen, bei welcher die von v. Helmholtz für das schematische, accommodirende Auge gegebenen Zahlen zu Grunde gelegt werden mögen. (Phys. Optik, II. Aufl. S. 140.)

Dieses Auge entspricht einer Accommodationsleistung von etwa 6,5 D bei Einstellung auf einen ca. 154,3 mm vor dem ersten Hauptpunkte gelegenen Punkt. Stellt dieser den wirklichen Nahepunkt dar, und liegt der mit Leseproben gemessene Nahepunkt wieder wie bei den obigen Messungen an meinem Auge um so viel näher dass die Differenz zwischen beiden einem dioptrischen Unterschiede von ca. 1 D entspricht, so wird der scheinbare Nahepunkt 133,4 mm vor dem ersten Hauptpunkte, also ca. 119,4 mm vor dem vorderen Brennpunkte liegen. Der Ort des zugehörigen Bildes berechnet sich nach der Formel $l'' = \frac{f'' f'''}{l'}$;

daraus würde sich nach bekannter Berechnungsweise bei einer Pupillenweite von 3 mm für den Durchmesser des eben merklichen Zerstreuungskreises eines Bildpunktes ein Werth von ca. 0,048 mm ergeben. Nehmen wir an, dass auch bei verengerter Pupille und einer geringen Annäherung des Objectes Zerstreuungskreise von gleicher Grösse den Gegenstand eben merklich verwaschen erscheinen lassen, so lässt sich leicht be-

rechnen, wie weit die Spitze des Strahlenkegels hinter der Netzhaut liegen muss, damit der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut ebenso gross sei, als vorher bei weiterer Pupille. Ist z. B. der Pupillendurchmesser von 3 mm auf 1 mm zurückgegangen, so wird der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut den gleichen Durchmesser wie vorher haben, wenn die Spitze des Strahlenkegels ca. 1 mm hinter der Netzhaut liegt. Daraus berechnet sich ein Objectsabstand = 105,2 mm vor dem vorderen Hauptpunkt, was einer Refraction von 9,5 D entspricht. Es würden also in diesem Falle bei einem Pupillendurchmesser von 1 mm die Zerstreuungskreise einer Sehprobe, welche mit einem dioptrischen Fehler von ca. 3 D gesehen wird, nicht grösser sein, als bei 3 mm weiter Pupille die Zerstreuungskreise einer Sehprobe, die mit einem dioptrischen Fehler von 1 D gesehen wird und dabei eben anfängt merklich unscharf zu erscheinen. Für einen Pupillendurchmesser von 1,5 mm würde sich unter sonst gleichen Verhältnissen ein Objectsabstand von 117 mm vor dem ersten Hauptpunkte ergeben, entsprechend einer Refraction von ca. 8,5 D.

Die in meinem Auge durch Eserin bedingte Pupillerverengerung bestimmte ich in der folgenden Weise: Im vorderen Brennpunkte des Auges brachte ich eine feinste, punktförmige Oeffnung an, fixirte den Kopf durch eine Vorrichtung zum Einbeissen der Zähne in einem Abstände von 40 cm von einer senkrecht zur Gesichtslinie aufgestellten Glastafel und maass auf dieser den scheinbaren Pupillendurchmesser einmal bei stärkstem willkürlichem Accommodiren, das zweite Mal bei Eserinmiose. Der wirkliche Durchmesser berechnet sich danach in bekannter Weise. Als Mittel fand ich bei starker Accommodation einen Pupillendurchmesser von 3,2 bis 3,5 mm, bei Eserinmiose einen solchen von 1,5 bis 1,6 mm. Das Ergebniss einiger objectiver Messungen (mittels Fernrohr und Ocularmikrometer) steht hiermit gut in Uebereinstimmung. Dass es sich bei solchen Messungen selbstverständlich nur um Näherungswerthe handeln kann, die auf mathematische Genauigkeit nicht Anspruch machen, möchte ich nur zu thunlichster Vermeidung von Missdeutungen betonen.

Die angeführten Beispiele können uns eine Vorstellung davon geben, in welchem Umfange etwa unter bestimmten

Voraussetzungen eine Erhöhung der Accommodationsbreite durch Pupillenverengerung vorgetäuscht werden kann. Sie zeigen, dass die an meinem Auge nach Eserineinträufelung gefundene scheinbare Refractionserhöhung bei Messung mit Leseproben thatsächlich ohne die Annahme einer vermehrten Linsenwölbung zu erklären ist. Mit grosser Wahrscheinlichkeit gilt diess auch für die Mehrzahl der in der Literatur aufgeführten Zahlen. Völlig unverständlich sind nur die von Lang und Barrett angeführten Werthe. (Diese Autoren stellen übrigens die Möglichkeit eines Einflusses der Pupillenverengerung auf die Nahepunktslage bei der üblichen Messungsweise ganz in Abrede.)

Eine einzige Angabe in der Literatur steht mit meiner Auffassung anscheinend in Widerspruch: v. Graefe fand nach Eserin ein Heranrücken des Nahepunktes auch bei dem bekannten Patienten mit traumatischer Aniridie, bei welchem also die Pupillenverengerung nicht in Betracht kommen konnte. Diese Zunahme war aber erstens sehr gering, (der Nahepunkt rückte von 5,5 auf 4,74 Zoll) herein, und ausserdem war während der Eserinwirkung die Sehschärfe von über $\frac{3}{4}$ auf $\frac{2}{3}$ gesunken, wodurch die in gewöhnlicher Weise vorgenommenen Nahepunktsbestimmungen erschwert waren und mit den bei besserer Sehschärfe gefundenen Werthen nicht mehr vergleichbar sind. Ferner ist nicht angegeben, ob die Möglichkeit einer geringen Verengerung der Lidspalte genügend ausgeschlossen war, die bei der bekannten Wirkung des Eserins auf den Orbicularis besonders nahe liegt. Auch möge erwähnt sein, dass in dem v. Graefe'schen Falle während der Eserinwirkung keinerlei Aenderung in der Lage der Ciliarfortsätze constatirt werden konnte, während wir heute wissen, dass diese in der Regel sogar recht beträchtlich nach vorn und cornealwärts vorrücken (vgl. meine erste Abhandlung über Accommodation). Hjort giebt in einem analogen Falle ein geringes Hereinrücken des Nahepunktes an, betont aber ausdrücklich, dass die Nahepunktsbestimmung „weniger sicher“ war, weil Accommodationsversuche viel Schmerz verursachten. Danach kann man in diesen beiden Angaben keinen Beweis für ein Hereinrücken des wirklichen Nahepunktes nach Eserineinträufelung in Augen ohne Iris erblicken.

Die Erklärung für das Hereintrücken des scheinbaren Nahepunktes wird von allen Forschern, auch von den Anhängern der v. Helmholtz'schen Accommodations-theorie, in einer vermehrten Contraction, einer „Stärkung“ des Ciliarmuskels gesehen. So sagt v. Graefe (Archiv f. Ophthalm. IX. 3. S. 107): „Ich stelle mir überhaupt vor, dass mit dem Augenblick, wo die Anrückung des Fernpunktes ihre Höhe erreicht hat, auch die Maximumveränderung im Tensor entwickelt ist. Der contrahierte Muskel wird in diesem veränderten Zustande der Willkür allmählich noch zugänglicher, sei es durch Uebung, sei es durch nachlassende Irritation der Empfindungsnerven, und deshalb wird der Nahepunkt noch näher angerückt.“ Die stärkere Zusammenziehung des Muskels soll nach der herrschenden Meinung eine vermehrte Wölbung der Linse zur Folge haben. Vom Standpunkte der v. Helmholtz'schen Theorie liesse sich solches nur nach der früher wohl allgemein giltigen und auch heute noch vielfach als zutreffend angesehenen Annahme erklären, dass die Zonula unter allen Umständen sich in einem gewissen Spannungsgrade befinde, und dass innerhalb sehr weiter Grenzen jede in Folge accommodativer Ciliarmuskelcontraction eintretende Entspannung augenblicklich wieder durch entsprechende Wölbungszunahme der Linse ausgeglichen werde, es also nie zu völliger Erschlaffung der Zonula komme. Diese Auffassung ist aber heute nicht mehr haltbar. Da die Zonulafasern, wie wir jetzt wissen, schon bei willkürlichem starkem Accommodiren so vollständig entspannt werden, dass die Linse der Schwere nach herunter fällt, so ist schwer zu verstehen, wie eine noch weiter gehende Entspannung der Zonula die Gestalt der Linse merklich beeinflussen könnte. Die Linse kann tiefer herunterfallen (wie ich es in der That gefunden habe), aber sie kann sich nicht mehr stärker wölben.

So ist also nach unseren jetzigen Kenntnissen a priori

zu erwarten, dass Eserin keinen merklichen Einfluss auf die Lage des wirklichen Nahepunktes haben kann.

Bei maximalem willkürlichem Accommodiren sinkt die Linse ungefähr $\frac{1}{4}$ mm herunter, nach Eserin werden die Ciliarmuskelcontractionen so viel stärker, dass die Linse um ca. $\frac{1}{2}$ mm heruntersinken kann. Es wird also im zweiten Falle der im Pupillargebiete sichtbare Theil der Linsenflächen nicht genau der gleiche sein, wie im ersten. Hat dieser Theil zufällig einmal eine merklich andere Wölbung, so ist denkbar, dass dadurch gelegentlich kleine Differenzen in der Lage des wirklichen Nahepunktes auftreten können. Es wäre aber zu erwarten, dass diese bei Untersuchung einer grösseren Zahl von Fällen nicht bei allen in einer Annäherung, sondern bei manchen auch in einer Entfernung des Nahepunktes sich kund gäben, wenn man nicht die wenig wahrscheinliche Annahme machen will, dass in allen Augen die Stelle der stärksten Linsenwölbung bei aufrechter Kopfhaltung ca. $\frac{1}{4}$ mm nach oben von der Mitte der niotischen Pupille liege.

Ebenso könnten gelegentlich bei völlig erschlaffter Zonula die kleinen Verschiebungen der Linse in der Richtung nach vorn oder hinten bei geringem Senken oder Heben des Kopfes eine kleine, hier aber kaum in Betracht kommende Veränderung der Refraction ohne veränderte Wölbung der Linse bedingen. In keinem Falle könnten solche Verschiedenheiten der Nahepunktslage aus einer vermehrten Linsenwölbung durch stärkere Ciliarmuskelcontraction erklärt werden.

Das Ergebniss der vorstehend mitgetheilten Versuche ist folgendes: Die bisherigen Untersuchungen über Eserinwirkung enthalten keinerlei Beweise für die herrschende Annahme, dass die vermehrte Ciliarmuskelcontraction nach Anwendung dieses Mittels eine stärkere Linsenwölbung hervorrufen könne, als die, welche durch starkes willkürliches Accommodiren hervorgerufen wird. Die Untersuchung mit einwandfreieren Methoden hat an meinem Auge keine nachweisliche Annäherung des wirklichen Nahepunktes auch bei sehr starker Eserinwirkung ergeben, wiewohl gleichzeitige Prüfung mit den üblichen Methoden ein beträchtliches Hereinrücken des scheinbaren Nahepunktes ergeben hatte. Diese Thatsache ist nach unseren heutigen Kenntnissen vom Accommodationsvorgang unmittelbar verständlich.

Bemerkungen über die Accommodationsbreite der peripheren Linsentheile.

Young fand bei seinen Untersuchungen mit dem Optometer, dass die peripheren Theile seines Pupillargebietes eine merklich geringere Accommodationsbreite hatten, als die centralen (4,2 D peripher gegen 9,8 D central nach Tscherning). Young giebt aber an, dass in dem Auge von Wollaston ein gleiches Verhalten nicht nachzuweisen gewesen sei, und betont ausdrücklich, dass ein solcher „Fehler“ nicht wohl allgemein gefunden werden dürfte. Auch v. Helmholtz fand an seinen Augen nicht die von Young beobachtete Verkrümmung eines Systemes von geraden, sich kreuzenden Linien bei der Accommodation, die auf eine geringere Accommodationsbreite der peripheren Linsentheile bezogen wird. Tscherning fand bei seinen Untersuchungen, dass die Accommodationsbreite bei Messung mit dem Young'schen Optometer, wenn der gegenseitige Abstand der Spalte 5 mm betrug, nur „halb so gross oder noch kleiner“ war, als die der centralen Parthieen. Er bezieht diese Erscheinung auf eine Abflachung des peripheren Theiles der vorderen Linsenfläche während der Accommodation. Es sei dies „das wesentliche Phänomen“ bei der Accommodation und mache „in erster Linie die v. Helmholtz'sche Theorie unannehmbar“. (Auf dem letzten Ophthalmologencongress in Utrecht versuchte Tscherning¹⁾ [indem er meine einschlägigen Beobachtungen übergang] noch

¹⁾ In den Autoreferaten seines Utrechter Vortrages polemisirt Tscherning gegen meine Arbeiten, ohne meinen Namen zu nennen. Dort findet sich unter Anderem der Satz: „Il me semble aussi, que la plupart des phénomènes, desquels on a voulu conclure à un tremblement du cristallin pendant l'accommodation maxima s'expliquent ainsi (sc. par des petites excursions de l'œil) aisément.“ Eine Widerlegung dieser und ähnlicher Behauptungen Tscherning's halte ich nicht für nöthig, da sie sich für den aufmerksamen Leser meiner Arbeiten von selbst erledigen.

einmal, seine Theorie zu vertheidigen. Er gab eine weitere [skiaskopische] Methode an, um die geringere Accommodationsbreite der peripheren Linsentheile zu untersuchen.)

Den Umstand, dass bei Wollaston und v. Helmholtz die oben erwähnten Erscheinungen sich nicht zeigten, versucht Tscherning durch die Annahme zu erklären, dass beide schon zu alt gewesen seien und zu geringe Accommodationsbreite gehabt hätten. v. Helmholtz hatte zur Zeit der Versuche noch eine Accommodationsbreite von 6 D, Wollaston, (der bei den Versuchen höchstens 34 Jahre alt sein konnte¹⁾), hatte nach Tscherning's eigener Angabe noch 6,6 D Accommodationsbreite. Nun führt aber Tscherning unter den Beweisen für die Richtigkeit seiner Auffassung an, dass er an seinen Augen bei einer centralen Accommodationsbreite von nur 3 D eine periphere Abnahme bis auf 1,25 D, bei einer Dame mit 6,7 D centraler Accommodationsbreite eine periphere Abnahme bis auf 3,8 D gefunden habe. Führt er aber diese Fälle als Beweis für seine Ansicht an, so darf er die entgegenstehenden Angaben von v. Helmholtz und Wollaston nicht einfach mit der Begründung zu geringer Accommodationsbreite eliminiren.

Ich habe an meinen Augen wiederholt derartige Versuche angestellt und bin stets zu dem Ergebnisse gekommen, dass bei mir auch die periphersten Theile der Linse, die nach Homotropinisirung eben noch zum Sehen benutzt werden können, merklich genau gleich grosse Accommodationsbreite haben, wie die centralen. Dies ist der Fall sowohl so lange meine Accommodationsbreite durch Homotropin verringert ist, als auch wenn sie nach Eserinisirung bei noch sehr weiter Pupille wieder ihr Maximum erreicht hat.

Um möglichst gleiche Versuchsanordnung wie Tscherning selbst zu haben, liess ich mir das nach seinen Angaben angefertigte Young'sche Instrument kommen und verfuhr genau nach seiner Vorschrift (*Optique physiol.* p. 160).

¹⁾ Geboren 1766; Young's Mittheilung erschien 1800.

„Man misst die centrale Accommodation mit den nahe nebeneinander stehenden Spalten, die man möglichst in die Pupillenmitte bringt, und die periphere Accommodation mit dem dreieckigen Einsatze, den man so weit vorschiebt, dass man die beiden Linien eben noch sieht.“ Mein Fernpunkt liegt, mit diesem Instrument gemessen, central wie peripher nahezu in unendlicher Entfernung. Nach der Nahepunktsbestimmung würde mit diesem Instrument meine Accommodationsbreite bei einem gegenseitigen Abstände der Spalte von ca. 1 mm gemessen, ca. 5,8 D betragen, merklich ebenso gross ist sie nach Vorschieben des dreieckigen Einsatzes bis zu einer Breite von 5 mm.

Wenn nun bei völlig gesunden Augen mit einer dem Alter entsprechenden Accommodationsbreite eine Abnahme der letzteren in der Linsenperipherie nur in einer gewissen Zahl von Fällen gefunden wird, in anderen dagegen fehlt, so beweist dies, wenn es auch noch so selten vorkäme, dass jene Abnahme kein wesentliches, sondern nur ein accidentelles Phänomen sein kann, wie auch Young selbst es nur als einen „Fehler“ seines Auges betrachtet hat. Für die Theorie der Accommodation kann die Erscheinung schon deshalb nicht mehr in dem von Tscherning gewollten Sinne verwerthet werden. Aber selbst wenn diese periphere Abnahme der Accommodationsbreite eine ausnahmslos zu beobachtende Erscheinung wäre, so würde dies doch nicht das Geringste für die Tscherning'sche Accommodations-theorie beweisen können. Für die mit meinen früheren Untersuchungen über den Accommodationsvorgang bekannten Leser bedarf dies keiner besonderen Erörterung.

Dass in dem Verhalten der Accommodation der peripheren Linsentheile so grosse individuelle Differenzen vorkommen, ist bei der untergeordneten Bedeutung, die diese Theile für das Sehen haben, leicht verständlich; finden wir doch auch sonst vielfach besonders grosse Variationen in der Thätigkeit solcher Organe, deren Functionen für den Organismus von geringerem Werthe sind.

Da bei derartigen Versuchen vielfach auch Cocain als Mydriacum angewendet wird, so möge hier eine unzutreffende Angabe Tscherning's bezüglich der Wirkung des Cocain auf die Accommodation kurz besprochen werden. Tscherning sagt (Phys. Optik, S. 184): „Das Cocain in 5%iger Lösung erweitert die Pupille, wirkt aber nicht auf die Accommodation. Wenigstens konnte ich an meinem Auge keine Wirkung constatiren.“ Tscherning glaubt, die abweichenden Ergebnisse Anderer „theils auf individuelle Differenzen, theils auf die Verwendung differenter Präparate“ beziehen zu können. Aus der folgenden Darstellung geht hervor, dass in erster Linie andere Momente für diese Verschiedenheiten maassgebend sind. Tscherning's Accommodationsbreite betrug zu der Zeit, als er den angeführten Satz schrieb, nach seinen Angaben nur noch ca. 3 D. Es ist nun aber, wie ich früher (v. Graefe's Archiv f. Ophthalm. XLIII. 3. S. 532) ausführlich auseinander gesetzt habe, unzulässig, aus einer normalen Nahepunktlage auf normale „Accommodation“ zu schliessen. Ich habe dort unter directem Hinweise auf die Wirkung der Arzneimittel die einschlägigen Verhältnisse an dem Beispiele einer Accommodationsparese erörtert: „Findet man am erkrankten Auge den Nahepunkt da, wo er beim Normalen gleichen Alters gefunden wird, so pflegt man vielfach ohne Weiteres die Accommodationsfähigkeit als normal zu bezeichnen und eine Störung des Ciliarmuskels für ausgeschlossen zu halten. Dies ist aber durchaus irrig. Es kann schon in der zweiten oder dritten Lebensdekade eine nicht unbeträchtliche Parese des Ciliarmuskels bestehen, ohne dass dieselbe manifest würde. Der objective Nachweis einer Ciliarmuskelparese ist erst dann möglich, wenn die Parese grösser ist, als die latente Accommodationsbreite.“

Wenn ein Siebzigjähriger sagen wollte: „Das Atropin erweitert die Pupille, wirkt aber nicht auf die Accommodation,

wenigstens habe ich an meinem Auge keine Wirkung auf dieselbe wahrgenommen“, so wird, trotz der Richtigkeit des Nachsatzes, niemand den hieraus gefolgerten Vordersatz für richtig halten. Wir wissen, dass Atropin den Ciliarmuskel lähmt, ob schon bei alten Leuten ein Einfluss auf die Accommodation nicht nachweisbar ist. Ganz analog ist der Irrthum Tscherning's. Bei einer Accommodationsbreite von nur 3 D ist die „latente“ Accommodationsbreite schon so gross, dass erst bei hochgradiger Parese des Ciliarmuskels der Nahepunkt hinauszurücken beginnt. Das Cocain kann also in Tscherning's Auge eine ganz erhebliche Parese des Ciliarmuskels hervorgerufen haben, ohne dass Tscherning einen Einfluss auf seine manifeste Accommodationsbreite wahrnehmen konnte. Je jünger die Versuchsperson, je kleiner also die latente Accommodation, um so eher muss ceteris paribus nach unseren heutigen Kenntnissen vom Accommodationsvorgange eine Ciliarmuskelparese durch Hinausrücken des Nahepunktes nachweisbar werden. Eine Reihe hierhergehöriger Beobachtungen hat vor zwei Jahren Herr Dr. Treutler in meinem Laboratorium angestellt (Klin. Monatbl. f. Augenheilk. 1897).

III. Ueber „monocularen“ und „binocularen“ Nahepunkt.

Der Begriff des binocularen und des monocularen Nahepunktes ist, so weit ich sehe, zuerst von Donders in die Physiologie eingeführt worden. Es gilt allgemein als feststehend, dass der Nahepunkt bei monocularem Sehen dem Auge näher liege, als bei binocularem, weil bei dem Sehen mit einem Auge eine grössere Convergenz und damit eine grössere Ciliarmuskelcontraction aufgebracht werden könne, welche letztere in Vermehrung der Linsenwölbung und Hereinrücken des wirklichen Nahepunktes zum Ausdruck komme. Auch diese Auffassung geht von der Voraussetzung

aus, dass die Nahepunktseinstellung einer maximalen Contraction des Ciliarmuskels entspreche. Da diese sich als irrig erwiesen hat, so erschien eine erneute Prüfung des Gegenstandes geboten.

Zunächst war zu untersuchen, ob die Bedingungen, unter welchen monoculare und binoculare Nahepunktbestimmung vorgenommen worden sind, unter einander genügend übereinstimmen, um die Ergebnisse ohne Weiteres mit einander vergleichen zu können. Bei der bisher allgemein üblichen Bestimmungsweise ist dies nicht der Fall. (Die folgenden Untersuchungen beziehen sich zunächst nur auf das normale emmetropische Auge.)

Den binocularen Nahepunkt bestimmen wir bei einer gegebenen Convergenz und damit verknüpften Ciliarmuskelcontraction und entsprechender Pupillenweite, den monocularen dagegen bei im Allgemeinen viel grösserer Convergenz, entsprechend stärkerer Ciliarmuskelcontraction und (*ceteris paribus*) engerer Pupille. Es fehlt der Beweis, dass diese grössere Ciliarmuskelcontraction auch eine vermehrte Wölbung der Linse zur Folge hat. Es war ja wohl denkbar, dass die zu maximaler Linsenwölbung nöthige Ciliarmuskelcontraction schon bei viel geringerer Convergenz aufgebracht werden könnte, und dass eine weitere, mit grösserer Convergenz verbundene Ciliarmuskelcontraction vollständig in dem von mir als „latentes“ bezeichneten Accommodationsgebiete vor sich ginge. Diese würde dann keinen Einfluss auf die Linsenwölbung, also auf die Lage des wirklichen Nahepunktes haben, wohl aber noch mit einer entsprechenden Verengerung der Pupille verknüpft sein und daher eine Annäherung des scheinbaren Nahepunktes bei der üblichen Messungsweise zur Folge haben können.

Thatsächlich sind alle einschlägigen Messungen bisher durch Annäherung feiner Objecte an die Augen vorgenommen worden: feine Drähte, „kleine Löcher in einer schwarzen Metallplatte, auf mattem Glase dem Tageslichte zuge-

wendet, oder feine auf schwarzem Sammet ausgestreute Quecksilberkugeln“ (Donders).

Bei letzterer Beobachtungsweise wird leicht der Fall eintreten können, dass die mit den Fehlerquellen nicht vertraute Versuchsperson ein nicht genau in der Medianebene gelegenes Kügelchen beobachtet, dessen Abstand von beiden Augen dann nicht mehr genau der gleiche ist. Beobachtet sie z. B. mit dem rechten Auge ein etwas links von der Medianebene gelegenes Kügelchen monocular und bringt es in den Nahepunkt dieses Auges, so wird es bei binocularer Betrachtung dem linken Auge etwas näher liegen und, wenn dieses gleiche Refraction mit dem anderen Auge hat, von den Augen entfernt werden müssen, um binocular scharf gesehen zu werden. Dieser Umstand könnte wenigstens in einer Gruppe von Fällen den binocularen Nahepunkt den Augen ferner erscheinen lassen, als den monocularen.

Eine weitere, in gleichem Sinne, wie die erst erwähnte wirkende Fehlerquelle ist folgende: Die von einem punktförmigen Objecte auf der Netzhaut bei nicht völlig scharfer Einstellung entstehenden Zerstreuungsfiguren sind bekanntlich in beiden Augen desselben Beobachters im Allgemeinen merklich verschieden (siehe z. B. v. Helmholtz, *Physiol. Optik*, II. Aufl. S. 170, wo die beiden Zerstreuungsfiguren leicht oval mit in beiden Augen verschieden gerichteten Achsen sind). Versucht man diese miteinander binocular zu verschmelzen, so werden ihre einzelnen Theile nicht alle auf identische Netzhautstellen fallen können, das haploskopisch gesehene Zerstreuungsbild muss also im Allgemeinen eine etwas grössere Fläche der Netzhaut decken, daher bei Annäherung des Objectes über den wirklichen Nahepunkt früher zu einer merklichen Verundeutlichung des Bildes führen, als das monoculare. Auch aus diesem Grunde wird bei der üblichen Prüfungsweise der binoculare Nahepunkt im Allgemeinen in grösserem Abstände vom Auge gefunden werden, als der monoculare. Innerhalb der physiologischen Grenzen werden beträchtliche individuelle Schwankungen hinsichtlich dieser Verschiedenheiten zu erwarten sein. Zur Veranschaulichung dieser Fehlerquelle eignet sich gut der

folgende Versuch. Ein genügend weit entfernter leuchtender Punkt — z. B. ein heller Stern — erscheint mir mit jedem meiner angenähert emmetropischen Augen allein gesehen als eine sehr kleine, fast punktförmige helle Scheibe mit einer Reihe feinsten, in verschiedenen Richtungen verlaufender Strahlen; diese Strahlen sind aber in beiden Augen merklich von einander verschieden; so sehe ich unter anderen mit meinem rechten Auge einen etwas grösseren Strahl gerade nach innen, mit dem linken einen solchen nach unten u. s. w. Fixire ich den Punkt mit beiden Augen, so ist die kleine centrale helle Scheibe eine Spur grösser, als die mit jedem einzelnen Auge gesehene, und erscheint mit mehr hellen Strahlen besetzt, als der monocular gesehene Stern. Es kann sich eben, wegen der nicht völligen Gleichheit beider Augen, immer nur ein Theil der für jedes einzelne Auge sichtbaren Strahlen im binocular gesehenen Bilde vollständig decken. Die gleiche Beobachtung, die sich in ihren Einzelheiten aus dem Gesagten leicht erklärt, konnte ich auch von anderen emmetropischen Augenpaaren nachweisen lassen.

Somit ist bisher bei Unterscheidung zwischen binocularem und monocularem Nahepunkt nicht genügend Rücksicht genommen auf die Verschiedenheit der äusseren Bedingungen, unter welchen die Messungen angestellt wurden. Es ist aber noch die Frage, ob diese Verschiedenheiten zur Erklärung der thatsächlich gefundenen Unterschiede genügen. Was die Verengerung der Pupille bei Uebergang von dem binocularen auf den monocularen Nahepunkt angeht, die ja verhältnissmässig nicht gross ist, so können die hierauf zurückzuführenden Unterschiede der Nahepunktslagen nicht sehr gross sein, jedenfalls lange nicht so gross, als z. B. die Unterschiede zwischen der scheinbaren Nahepunktslage bei normaler Pupillenweite und bei Eserinmiose. Sieht man hierauf die Literaturangaben durch, so zeigt sich in der That, dass ausnahmslos die gemessenen Unterschiede zwischen

binocularer und monocularer (scheinbarer) Nahepunktslage sehr geringe sind: Donders giebt für einen 15jährigen Emmetropen an: Nahepunkt binocular: 10,56 cm, monocular: 10,0 cm. Auch aus den Curven der anderen von ihm angeführten Fälle geht hervor, dass die Unterschiede zwischen beiden Nahepunkten nicht nennenswerth grösser, zum Theil sogar noch kleiner waren. Bisinger findet für die Augen von Schleich zwischen beiden Nahepunkten einen Unterschied im dioptrischen Werthe von ca. 0,5 D., bei einer zweiten Versuchsperson 0,75 D, bei zwei anderen 1,0 bezw. 1,25 D (binocular 10 cm, monocular 8,9 cm). Fischer's zahlreiche Messungen ergeben für seine Augen einen Unterschied im Werthe von nur 0,22 D. Pereles findet für einen 25jährigen Emmetropen den Nahepunkt binocular in 10,0 bis 10,5 cm, monocular in 9,5 bis 10,0 cm, bei einem gleichalterigen Myopen binocular 8,0 bis 8,5 cm, monocular 7,5 bis 8,0 cm. Für seine eigenen Augen findet Pereles gar keinen Unterschied zwischen binocularem und monocularem Nahepunkt: beide liegen in 9,5 bis 10,0 cm Entfernung.

Somit ist für alle bisher vorliegenden Messungen der Unterschied zwischen binocularer und monocularer Nahepunktslage nur einmal etwas grösser als 1 D, einmal = 1 D, sonst stets kleiner als 1 D, oft sogar kleiner als 0,5 D gefunden worden.

Um eine Vorstellung von dem Maasse der Pupillenverengerung beim Uebergang von der binocularen zur monocularen Nahepunktseinstellung an meinen Augen zu bekommen, wurden Messungen in der Weise vorgenommen, dass der Pupillendurchmesser mit Fernrohr und Ocularmikrometer bestimmt wurde, während ich nach einer im „binocularen“ Nahepunktsabstande befindlichen Nadelspitze einmal mit beiden Augen, das andere Mal bei unveränderter Blickrichtung des untersuchten Auges mit grösstmöglicher Convergenz und Ciliarmuskelcontraction monocular blickte, (wobei Sorge getragen war, dass die Beleuch-

tung beider Augen sich nicht merklich änderte). Der Pupillendurchmesser wurde bei einer Reihe solcher Messungen monocular um etwa $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{6}$ kleiner gefunden, als binocular. Etwas grössere Werthe erhielt ich bei einigen entoptischen, in folgender Weise angestellten Messungen: Auf dem oben beschriebenen, mit dem Kopfe fest verbundenen Schieber fixirte ich eine Nadel im binocularen Nahepunkte. Dann schob ich eine Blende mit punktförmiger Oeffnung so vor ein Auge, dass das Loch sich angenähert im vorderen Brennpunkte des Auges befand und die Pupille entoptisch sichtbar wurde. Während die Convergenz auf die Nadelspitze festgehalten wurde, konnte ich das entoptische Pupillenbild auf einer senkrecht zur Gesichtslinie des untersuchten Auges in bekanntem Abstände befindlichen Glastafel aufzeichnen und daraus den wirklichen Pupillendurchmesser in bekannter Weise berechnen. Eine zweite Messung wurde vorgenommen, während ich mit entsprechend grösserer Convergenz meinen Ciliarmuskel maximal contrahirte. Hier war im zweiten Falle der Pupillendurchmesser ungefähr $\frac{1}{6}$ bis fast $\frac{1}{5}$ kleiner, als im ersten.

Wenn auch diese Zahlen selbstverständlich nur Näherungswerthe darstellen, die je nach Alter, Gesamtbeleuchtung etc. grossen individuellen Schwankungen unterliegen müssen, so genügen sie doch, um zu zeigen, dass die fragliche Differenz bei den Untersuchungen nicht ganz ignorirt werden darf, wie dies bisher ausnahmslos geschehen ist.

Die Verengerung der Pupille bei Uebergang aus der binocularen in die monoculare Nahepunktseinstellung lässt sich durch folgenden einfachen Versuch demonstrieren. Ich bringe einen Planspiegel senkrecht zur Gesichtslinie vor meinem rechten Auge so an, dass der Abstand der Spiegelfläche von der Pupille des Auges gleich der Hälfte des binocularen Nahepunktabstandes ist. Das Bild der Pupille befindet sich dann also angenähert im binocularen Nahepunkte. Ich fixire zunächst bei Convergenz auf den binocularen Nahepunkt mein Pupillenbild. Contrahire ich

nun mit entsprechender Mehrung der Convergenz meinen Ciliarmuskel möglichst stark, während ich weiter die Pupille mit dem rechten Auge fixire, so sehe ich diese merklich kleiner werden, während die Einzelheiten der Iris (z. B. am Pupillarrande) in unveränderter Schärfe gesehen werden. Mindere ich nun die Convergenz wieder bis zur „binocularen“ Nahepunktseinstellung, so erweitert sich die Pupille bei unveränderter Schärfe des Bildes, denn trotz Nachlassens der Ciliarmuskelcontraction behält die Linse ihre maximale Wölbung bei. Zu messenden Versuchen ist diese Methode nicht geeignet.

Die herrschende Meinung, der Nahepunkt liege wegen der Möglichkeit stärkerer Accommodation, d. h. Linsenwölbung, bei monocularem Sehen näher am Auge, als bei binocularem, ist, wie wir sehen, unbewiesen. Um das wirkliche Lageverhältniss beider zu einander festzustellen, waren erneute Untersuchungen mit thunlichster Vermeidung der angeführten Fehler nöthig. In erster Linie musste wieder an Versuche nach dem Scheiner'schen Princip gedacht werden. Solche sind bisher meines Wissens nicht angestellt worden. Snellen und Landolt schreiben (Handbuch d. ges. Augenheilk. 1. Aufl. III. 1. S. 76), es sei ein Hauptnachtheil dieser Methode, dass „es auf diese Weise beinahe unmöglich ist, beide Augen gleichzeitig zu prüfen, die Bestimmung des binocularen Nahepunktes also ausgeschlossen bleibt“.

Es ist mir nun möglich gewesen, in verhältnissmässig einfacher Weise binoculare Nahepunktmessungen nach dem Scheiner'schen Princip vorzunehmen. Die Methode gestattet eine genauere Untersuchung der einschlägigen Fragen, als die bisherigen.

Bei der oben beschriebenen Versuchsanordnung sei am rechten Auge der monoculare Nahepunkt für den verticalen Meridian bestimmt worden. Bringt man nun das punktförmige Fixiobject dem Auge noch etwas näher, so werden zwei kleine Punkte senkrecht über einander sichtbar. Oeffnet man nun das linke, bis dahin verdeckt ge-

wesene Auge, so sieht man im ersten Augenblicke wegen der starken Convergenz links neben den beiden ersten ein drittes, einfaches Pünktchen, das man leicht durch Minderung der Convergenz mit einem der ersten, etwa dem unteren, verschmilzt. Von den jetzt sichtbaren beiden Pünktchen wird also das untere binocular, das obere monocular gesehen. Ebenso leicht wie vorher den monocularen kann man nun den binocularen Nahepunkt bestimmen, indem man das Fixiobject so weit vom Auge entfernt, bis die durch die Blende gesehenen zwei Punkte in einen zusammenfliessen.

Bei diesen Versuchen stört zunächst, dass das mit dem linken Auge gesehene Bild des hellen Fixirpunktes lichtstärker und grösser erscheint, als die beiden mit dem rechten Auge durch die feinen Löcher der Blende gesehenen Pünktchen. Für genaue Bestimmungen müssen alle drei möglichst gleich oder das linke muss kleiner und lichtschwächer als die beiden anderen sein. Ich erreichte dies leicht durch Vorsetzen einer geeigneten Blende mit feinsten Oeffnung vor das linke Auge. Diese muss, etwa in einem Schlitten mit Stellschraube, verschieblich sein, damit man ihr die nöthige Stellung vor dem linken Auge geben kann, um gleichzeitig durch die Löcher in beiden Blenden auf den Nahepunktsabstand zu convergiren. Das Object wird in der Medianebene angebracht. Man erleichtert sich die Beobachtung wesentlich, indem man das Licht für das eine Auge durch Anbringen eines rothen Glases hinter einer der beiden Blenden färbt, wodurch man die rasche Unterscheidung der dem rechten und linken Auge zugehörigen Bilder ermöglicht. Von den verschiedenen Modificationen der Versuchsanordnung möge hier nur eine besonders instructive angeführt werden. Ich bestimme den monocularen Nahepunkt für den verticalen Meridian meines rechten Auges in der früher angegebenen Weise und stelle das Fixirpünktchen in diesem Abstände fest. Bei Oeffnen des zweiten Auges verschmelze ich die im ersten Augenblicke nebeneinander sichtbaren zwei Pünktchen zu einem einzigen, und nun erscheint auch bei binocularer Convergenz auf den „monocularen“ Nahepunktsabstand das Pünktchen einfach. Dies beweist, dass ich die zur Einstellung nöthige Linsenwölbung auch bei der viel geringeren Convergenz aufbringen kann. Mit gleichem Erfolge stelle ich den Versuch für

den horizontalen Meridian an, indem ich die beiden Löcher in der Blende waagrecht nebeneinander bringe. Als Sebject wurde hier öfter statt des Punktes eine Nadelspitze benutzt. Wenn der binoculare Nahepunkt wirklich, wie allgemein angegeben wird, weiter von den Augen entfernt wäre, als der monoculare, so müsste bei diesen Versuchen ein Abstand des Fixirpunktes oder der Nadelspitze gefunden werden, im welchem diese zwar bei monocularer Betrachtung einfach, bei binocularer aber, auch mit stärkster Accommodationsanstrengung, doppelt erschiene. Dies ist aber nicht der Fall. Analoge Versuche mit gleichem Ergebnisse habe ich ferner mit einer später zu beschreibenden Methode am Haploskop angestellt.

Aus dem Mitgetheilten muss ich den Schluss ziehen, dass bei mir, mit zuverlässigeren als den bisher üblichen Methoden bestimmt, der binoculare und der monoculare Nahepunkt gleich weit vom Auge entfernt liegen. Im Hinblick auf die oben erörterten Fehlerquellen bei den früheren Messungen ist es zum Mindesten sehr wahrscheinlich, dass auch bei den anderen bisher untersuchten Augen der wirkliche monoculare Nahepunkt nicht näher am Auge lag, als der wirkliche binoculare. (Geringe Verschiedenheiten könnten hier in analoger Weise, wie oben erörtert wurde, z. B. dadurch zu Stande kommen, dass in Folge stärkeren Herabsinkens der Linse bei monocularer Nahepunktsbestimmung etwas anders gewölbte Linsentheile in das Pupillargebiet gelangen können als bei binocularer Messung.)

Meine früheren Untersuchungen haben gezeigt, dass bei starker Convergenz eine grössere Ciliarmuskelcontraction aufgebracht werden kann, als zu maximaler Linsenwölbung nöthig ist. Die vorliegende Untersuchung ergibt, dass schon bei Convergenz auf den „binocularen“ Nahepunkt eine Ciliarmuskelcontraction aufgebracht werden kann, die gross genug ist, um der Linse ihre maximale Wölbung zu geben.

Der allgemein angenommene Satz „die monoculare Accommodationsbreite ist grösser, als die binoculare“ ist

durch die früheren Untersuchungen nicht einmal wahrscheinlich gemacht, geschweige bewiesen. Die übliche Scheidung von monocularem und binocularem Nahepunkt ist danach principiell nicht gerechtfertigt, insoweit damit gesagt sein soll, dass die Linsenwölbung im ersten Falle eine stärkere sei, als im zweiten. Wenn aber die früher gemessenen Unterschiede zwischen binocularem und monocularem Nahepunkt allgemein auf die oben besprochenen Verschiedenheiten der Versuchsbedingungen zurückzuführen sind, was nach unseren Untersuchungen sehr wahrscheinlich ist, so ist diese Scheidung unzweckmässig und daher fallen zu lassen.

Die vorstehend mitgetheilten Untersuchungen führen uns zu einer veränderten Auffassung von der Gesetzmässigkeit, durch welche Convergenz und Accommodation mit einander verknüpft sind. Diese soll in einer folgenden Abhandlung eingehender untersucht werden.