Bemerkungen zu dem vorhergehenden Aufsatz,

(Hock, Untersuchungen über die Grösse der Bilder bei Combination
zweier optischer Systeme.)

von

F. C. Donders.

Man hat im Anfang des vorstehenden Aufsatzes gesehen, was Dr. Hock mir zumuthet. Prof. Knapp sagt jedoch einfach, ich habe den fraglichen Punkt (den Einfluss der Hülfsgläser auf die Sehschärfe ametropischer Augen) nicht berührt: von einer Widerlegung, worauf Dr. Hock hinweist, findet sich in dem Aufsatz meines verehrten Freundes nichts, — nur, wie sich zeigen wird, ein Paar Missverständnisse. Denjenigen, die mein Buch aufmerksam gelesen haben, möchte ich zur Beruhigung bemerken, dass sie über den betreffenden Gegenstand doch schon einiges gelernt, und — nichts zu vergessen haben. Indem aber die Angaben darin einigermassen zerstreut vorkommen, scheint eine kurze Zusammenstellung und Erörterung nicht unerwünscht.

1. Die Winkel, unter welchen sich Gegenstände, je nachdem sie mit oder ohne Brillen gesehen werden, dem Auge präsentiren, lassen sich, ohne weitere Bestimmung, nur in dem Falle mit einander vergleichen, wenn der Gegenstand in derjenigen Entfernung, in welcher er sich gerade befindet, sowohl mit als ohne diese Gläser

(durch Accommodation) deutlich gesehen werden kann. Da dieses mit stärkeren Gläsern nicht möglich ist, so wird hier eine weitere Bestimmung gefordert, nämlich die einer gewissen Sehweite. Es wird dann mit der dieser Sehweite entsprechenden Grösse des Netzhautbildes diejenige Grösse verglichen, welche man mittelst der Linse erhält, während das Auge in demselben Zustande verharret, der Gegenstand aber um so viel näher gerückt wird, als zum scharfen Sehen mit der Linse erforderlich ist. — So allein lässt sich das sogenannte Vergrösserungsvermögen eines Brillenglases bestimmen, wie das einer Loupe, eines Mikroskops u. s. w.

Das ist der Sinn des S. 128—129 der deutschen Ausgabe meines Buches unter der Aufschrift: Die Grösse der Netzhautbilder bleibt nicht dieselbe, Abgehandelt. In der That habe ich jede Vergrösserung und Verkleinerung durch Linsen aus den berechneten Grössen der Netzhautbilder abgeleitet.

In Bezug darauf liegt ein doppeltes Missverständniss vor. Erstens übersetzt Professor Knapp aus der englischen Ausgabe meines Buches „the angles, under which objects exhibit themselves to the eye,” womit, wie schon die Ueberschrift lehrt, die von den Grössen der Netzhautbilder abhängigen Projectionswinkel gemeint sind, einfach durch Sehwinkel. Zweitens übersieht er, dass bei mir nur von der Wirkung der Gläser auf ein und dasselbe Auge die Rede ist, und bezieht das Gesagte auf einen Vergleich von ametropischen mit emmetropischen Augen.

2. Die Vergrösserungen resp. Verkleinerungen werden immer abgeleitet aus den Grössen der Netzhautbilder, und diese werden gefunden durch Berechnung der Lage des Knotenpunktes des aus dem Auge und der Linse combinirten Systems (S. 129 und 264). Bei dem ge-

wöhnlichen Brillengebrauch wird der Knotenpunkt um so mehr verrückt (für positive Gläser nach vorn und für negative nach hinten), je weiter das Glas vom Auge entfernt wird (S. 129). Bei dem Gebrauch von Lesegläsern erhält der Emmetrop die stärkste Vergrößerung, wenn das Glas bis auf seine Brennweite vom Object entfernt wird. In welcher Entfernung sich dabei das Auge vom Glase befindet, ist ziemlich indifferent: nur das Gesichtsfeld wird kleiner mit der Entfernung des Auges (Schärfe und Grösse der Bilder bleiben sich gleich.) Es versteht sich von selbst, dass bei der ophthalmoskopischen Untersuchung des emmetropischen Auges im aufrechten Bilde dasselbe Anwendung findet. — Dr. Hock wird hierin Uebereinstimmung mit seinen Resultaten erblicken. Ueberhaupt scheint das von mir über Lesegläser (auch für Myopen) Gesagte mehr Beachtung zu verdienen, als es gefunden hat.

3. Wenn die beobachteten Objecte nicht gar zu nahe am Auge liegen (g' viel mal grösser ist als g''), so hat man für die Bildgrösse nur die Lage des hinteren Knotenpunktes k'' zu berücksichtigen: die Grössen des Gegenstandes und des Bildes verhalten sich wie ihre Entfernungen vom hinteren Knotenpunkt k'' (S. 61). Die Wirkung der Gläser wird desshalb fast überall auf die Verrückung von k'' bezogen. So thut es auch Prof. Knapp.

4. Im astigmatischen Auge, wo für die ausschliesslich vom dioptrischen System abhängigen Unterschiede der Refraktionszustände gleiche Länge der Sehaxe gegeben ist, werden die Netzhautbilder (und somit die Projectionswinkel einer und derselben Netzhaut) in dem neutralisirten Meridian m' durch convexe und concave cylindrische Gläser resp. grösser und kleiner als in dem unverändert gebliebenen, weil k'' in m' dabei resp. vor und hinter k'' in m verrückt wird (S. 430). Für

---

*) cf. S. 328, 397, 403.

die Unterschiede des Refractionszustandes in zwei verschiedenen Augen, sind, schon wegen der verschiedenen Länge der Sehaxe und der Verschiedenheit der Netzhaut, die Verhältnisse complicirter und lassen bei Anwendung von neutralisirenden Gläsern schwerlich schliessen auf die Grösse der Netzhautbilder, und noch weniger auf die relativen Projectionswinkel und Schärffen (S. 216 und 328).

5. Im aphakischen (hypermetropischen) Auge sind bei dem Gebrauch von neutralisirenden Gläsern die Netzhautbilder β_2 grösser als vor der Aphakie β_1 . Die Grösse β_2 kann man sehr genau berechnen und vergleichen mit β_1 , insofern auch diese aus der leicht gefundenen Länge der Sehaxe, mit Zugrundlegung des schematischen Auges, festgestellt werden kann. Bei $H = 1:2.5$ war mit einem Glase von $\frac{1}{3}$ auf einen halben Zoll Entfernung von der Hornhaut bei ursprünglicher E und Länge der Sehaxe $= 22.9$ Mm., $\beta_1 : \beta_2 = 1 : 1.322$.

Weiter ist für das aphakische Auge die Vergleichung der Bildgrössen bei verschiedenem Abstand der Gläser vom Auge besonders wichtig, und es stellte sich das merkwürdige Resultat heraus: dass die Grösse des Netzhautbildes β_2 der Brennweite der Linse proportional ist, — vorausgesetzt, dass die Linse in solcher Distanz vom Auge gehalten werde, als zur Erzeugung eines scharfen Netzhautbildes erforderlich ist.

Diese Sätze enthalten die Principien des von mir Erörterten, mehr übersichtlich dargestellt, als in meinem Buch.

Professor Knapp hat nun noch einen weiteren Schritt gemacht, den eigentlichen Zweck seiner Arbeit. Er stellte sich die Aufgabe „den Einfluss zu untersuchen,

welchen Hülsgläser auf die Sehschärfe ametropischer Augen ausüben." So ist er gezwungen, „die durch Brillen hervorgebrachten Aenderungen der Grösse der Retinalbilder, abgesehen von der optischen Reinheit derselben, zu betrachten," was mir noch immer nicht angemessen scheint. Er kam dabei übrigens zu überraschenden Resultaten. Erstens: „die Brillengläser (vorausgesetzt, dass ihr optisches Centrum mit dem vorderen Brennpunkte des Auges zusammenfällt) verändern die Lage der vorderen Cardinalpunkte und die vordere und hintere Brennweite des Auges nicht; dagegen ändern die hinteren Cardinalpunkte ihre Lage dergestalt, dass sie durch Convexgläser um eine gleiche Grösse vorrücken und durch Concavgläser um dieselbe Grösse zurücktreten." Zweitens: „die zweite Brennweite F_2 des combinirten Systems ist der zweiten Brennweite des nackten Auges gleich, einerlei, ob wir positive oder negative Brillen vor das Auge setzen"; woraus hervorgeht, dass, wenn sonst die dioptrischen Systeme gleich sind, die Netzhautbilder desselben Gegenstandes für emmetropische und neutralisirte ametropische Augen gleich sind (vorausgesetzt wieder, dass das optische Centrum der Brillengläser mit dem vorderen Brennpunkte des Auges zusammenfällt).

Mit diesem letzteren Satz schreitet Professor Knapp nun weiter zur Vergleichung der Sehschärfe bewaffneter ametropischer Augen mit derjenigen des unbewaffneten emmetropischen Auges. — Prof. Knapp sagt: „Selbst Donders berührt in seinem ausführlichen Lehrbuche der Refractions- und Accommodationsanomalien diesen Punkt nicht." Dieses ist insofern richtig, als ich keine Berechnungen anstellte. Und ich hatte dafür meine guten Gründe. Prof. Knapp setzt voraus: „Wir dürfen gewiss annehmen, dass die Zahl dieser empfindenden Netzhautelemente und der damit in Verbindung stehen-

den Sehnervenfasern dieselbe in allen gesunden Augen ist etc. Und weiter: „Die Retina ametropischer Augen kann, wie dies in Wirklichkeit auch der Fall ist, ebenso normal als im emmetropischen Auge sein und muss deshalb die gleiche Anzahl empfindender Elemente und Nervenfasern enthalten.“ Diese Voraussetzungen hatte ich nämlich schon von vornherein geprüft und unzulässig gefunden. In Bezug auf die Sehschärfe der Myopen für solche Objecte, welche noch innerhalb des Fernpunktes gelegen sind, bemerkte ich: (S. 328) „Die Ursache der verminderten Sehschärfe bei Myopen liegt auf der Hand. Bei Myopie und bei gleichen Gesichtswinkeln sind die Netzhautbilder allerdings grösser, weil die Entfernung vom Knotenpunkte bis zur Netzhaut eine grössere ist; andererseits ist aber auch die Netzhautoberfläche eine grössere und enthält folglich auf einer gegebenen Fläche weniger empfindende Elemente. Wo eine vollständige Compensation dieser beiden Factoren stattfindet, könnte bei gleichbleibendem Sehwinkel eine gleiche Anzahl empfindender Elemente getroffen werden, und die Sehschärfe würde dann dieselbe bleiben. Die Ausdehnung betrifft aber besonders den hinteren Pol und ergreift vorzugsweise die Gegend des gelben Fleckes: es würde daher für das directe Sehen eine vollständige Compensation selbst dann nicht zu erwarten sein, wenn die Ausdehnung auch keine weitere Störung in der Function der verschiedenen Elemente hervorgerufen hätte.“ Und bei der Hypermetropie heisst es (S. 216): „Nur wenn ein dünnerer Sehnerv (wie ich ihn an hypermetropischen Augen gefunden habe) dieselbe Anzahl Nervenfasern und eine kleinere Oberfläche der Netzhaut, eine gleiche Anzahl von percipirenden Elementen besässe, wie das emmetropische Auge, könnte die geringere Grösse der Netzhautbilder ganz oder doch theilweise ausgeglichen werden; zu dieser Annahme je-

doch sind wir durch Nichts berechtigt. Man wird es deshalb sehr begreiflich finden, dass ich darauf verzichtete, über den betreffenden Punkt Berechnungen anzustellen. Auch in Betreff der Aphakie glaubte ich mich auf die von mir gemachten Berechnungen beschränken zu müssen.

Dr. Woinow's Besprechung des Gegenstandes (dieses Archiv XV., 2 u. 3., S. 144) hat Prof. Knapp noch nicht gekannt. Hier soll sie desshalb erwähnt werden. Zuerst vergleicht Herr Woinow die Tangenten der Gesichtswinkel (aus k') des emmetropischen und des durch Gläser corrigirten (künstlich emmetropischen) Auges. Dass diese Winkel als gleich zu betrachten sind, bedarf keiner Erörterung. Dass diese Gleichheit aber keine gleiche Sehschärfe voraussetzt, ist ebenso ersichtlich, indem, abgesehen von allem Uebrigen, gleiche Gesichtswinkel der verglichenen Augen keine gleiche Quote der Netzhäute einschliessen. — Wichtiger ist der zweite Theil von Woinow's Abhandlung. Hier denkt er sich das ametropische Auge unverändert und berechnet einfach die Vergrösserung resp. die Verkleinerung der Sehwinkel-Tangenten durch das convexe und concave Glas. Mit dem gefundenen Coëfficienten, der für Convexgläser > 1 , für Concavgläser < 1 , multiplicirt er die mit Snellen's Tafeln gefundene Sehschärfe des corrigirten ametropischen Auges beim Sehen in der Ferne. Für das myopische Auge findet man in dieser Weise die wirkliche Sehschärfe beim Sehen für seinen Fernpunkt, ohne Glas. Für das hypermetropische Auge bleibt der gefundene Werth immerhin eine Fiction. Wird die corrigirte Sehschärfe des ametropischen Auges nun der des emmetropischen gleich sein? Das kann, wie auch Dr. Woinow richtig einsieht, nur die vergleichende Untersuchung lehren.

Was ich wünschte, und wozu ich öfters anzuregen

suchte, bleibt zu thun übrig: bei recht vielen Myopen und Hypermetropen von verschiedenem Grad und verschiedenem Lebensalter, mit neutralisirenden Gläsern die Sehschärfe empirisch festzustellen.

Wer das jetzt unternimmt, wird an den berechneten Tabellen von Prof. Knapp den Genauigkeitsgrad von dessen Voraussetzungen in Betreff der Netzhaut prüfen können. Freilich wird er auch die Verschiedenheit des dioptrischen Systems berücksichtigen müssen. Schon der Abstand zwischen Hornhaut und der vorderen Linsenfläche, wovon wir in der letzten Zeit eine ziemlich bedeutende Zahl von Messungen besonders an ametropischen Augen angestellt haben, weist darauf hin. Und es kommt hier gewiss auf so kleine Unterschiede an, dass die Verschiedenheit des dioptrischen Systems nicht ganz wird vernachlässigt werden können.

Besonders wichtig wäre es, durch Vergleichung der Halbbilder das Grössenverhältniss der Projectionswinkel zu bestimmen bei hochgradiger Differenz der Refraktionszustände der beiden Augen nebst den zugehörigen Sehschärfen. Einige wenige Bestimmungen von gut geübten zuverlässigen Personen würden schon wichtige Anhaltspunkte bieten.