

West Virginia University ILL



ILLiad TN: 660062

Borrower: KKS

Lending String: *WVU,UMM,NUI,NOH,IAX,GZH

Patron:

Journal Title: Archiv fu"r Augenheilkunde.

Volume: Band 78 **Issue:** Heft 4

Month/Year: 1915 **Pages:** 284-301

Article Author: Rönne

Article Title: Zur Theorie und Technik der
Bjerrumschen Gesichtsfelduntersuchung

Imprint: Wiesbaden.

ILL Number: 154912502



Call #: Shelved by Title

Location: R04M02S27T11

ODYSSEY ENABLED

Charge

Maxcost: 30.00IFM

Shipping Address:

Kansas State University

Interlibrary Services

137 Hale Library

Manhattan, KS 66506-1200

Fax: 785-532-6144

Ariel: 129.130.36.208

Email: lendserv@gw.ksu.edu

XIII.

Zur Theorie und Technik der Bjerrumschen
Gesichtsfelduntersuchung.

Von Privatdozent Dr. Henning Rönne in Kopenhagen.

Mit 2 Kurven im Text.

Die Bjerrumsche Gesichtsfeldmethode ist bekanntlich eine Untersuchung des Gesichtsfeldes mit Objekten von geringerem Gesichtswinkel, als dem gewöhnlichen, da die Untersuchung in bedeutender Entfernung (2 m) mit kleinen weissen Objekten gegen einen grossen schwarzen Schirm (Campimeter) vor sich geht.

Die Methode unterscheidet sich in prinzipieller Beziehung von der gewöhnlichen Perimetrie durch folgende Verhältnisse:

1. Die Dimensionen des Gesichtsfeldes werden mehrfach verdoppelt. Dies hat natürlich für die Bestimmung der normalen Aussengrenze keine Bedeutung, es erleichtert jedoch den Nachweis von Skotomen geringer Ausdehnung; dies ersieht man am besten daraus, dass es weit leichter ist den blinden Fleck gegen Bjerrums Gardine als auf dem Perimeter nachzuweisen, auch wenn man ein Objekt von gleichem Gesichtswinkel gebraucht, und ganz dasselbe gilt bei jedem Skotomnachweis. Ferner führt die Vergrösserung der Gesichtfelddimensionen mit sich, dass man die genaue Grenze eines Defektes weit leichter nachweist, und besonders die geradlinige Begrenzung eines Defektes, was bei den hemiamblyopischen Gesichtsfeldern, sowie bei der Erkennung des Abschlusses von Nervenfaserverdefekten mit einem vielleicht nur kurzen «nasalen Sprung» von Bedeutung ist. Das Vorhandensein einer ganz kleinen «makularen Aussparung» bei totalen Hemianopsien lässt sich auf dem Perimeter überhaupt nicht konstatieren, wird aber sehr leicht gegen Bjerrums Gardine bei einer beliebigen Objektgrösse nachgewiesen.

2. Von grösserer prinzipieller Bedeutung, als die Vermehrung der Gesichtfelddimensionen ist indessen die Verkleinerung des Gesichtswinkels. Die Perimetrie ist nämlich als eine Untersuchung der peripheren Sehschärfe aufzufassen, freilich nicht der Distinktionsfähigkeit, die zur Bestimmung des zentralen Sehvermögens angewandt wird, sondern der Fähigkeit, Objekte mit kleinem Gesichtswinkel zu erkennen. Die Theorie dieser Funktion und die Verhältnisse zur ge-

wöhnlichen Sehschärfebestimmung hat Bjerrum in einer Abhandlung in Nord. ophthalm. Tidsskrift 1. Bd., 1. H. 1888 behandelt und sie schon damals als zur Untersuchung der peripheren Sehschärfe geeignet bezeichnet. Guillery hat sie später zur Untersuchung des zentralen Sehvermögens benutzt und sie als Punktsehschärfe bezeichnet [siehe Bjerrum (1) S. 102 u. folg. und (2) S. 148; Rönne (6) S. 155—57]. Eine Sehschärfebestimmung setzt ein quantitatives Gradieren des Untersuchungsobjektes voraus, und gerade hierin ist das eigentliche Prinzip der Bjerrumschen Methode zu suchen, und dies bedingt gerade die Anwendbarkeit derselben für den Nachweis von Amblyopien im Gesichtsfelde.

Die Gesichtsfeldgrenze variiert mit dem Gesichtswinkel des Objektes; ein vollständig aufgenommenes Gesichtsfeld besteht deswegen aus einer Reihe konzentrischer Isopterkurven, die die Gesichtsfeldgrenze bei Objekten mit immer kleinerem Gesichtswinkel angeben; eine solche Aufnahme gibt um so ausführlichere Aufschlüsse über die Funktion des Gesichtsfeldes, aus je mehr Kurven es besteht, je mehr Objektgrößen zur Anwendung gekommen sind, ganz auf dieselbe Weise, wie eine topographische Karte bessere Aufschlüsse gibt; je mehr Höhenkurven sich darin eingetragen finden.

Es findet sich in der Funktionsverteilung des normalen Gesichtsfeldes ein bedeutungsvolles Verhältnis, über das man sich klar sein muss. Untersucht man mit einem ganz kleinen Objekt, z. B. von einem Gesichtswinkel von $1'$, wird man eine Aussengrenze des Gesichtsfeldes von ca. 10° finden, und während man mit fortwährend wachsendem Gesichtswinkel eine Zeitlang zunehmende Grenzen finden wird, kommt ein Zeitpunkt, nämlich wenn der Gesichtswinkel ca. 1° geworden ist, wo die Grenze nicht mehr wächst (oder doch nur unbedeutend), selbst wenn der Gesichtswinkel 20 mal oder mehr verdoppelt wird. Es findet mit anderen Worten ein plötzlicher Funktionsfall bei der äussersten Grenze des normalen Gesichtsfeldes statt, der deswegen sehr scharf hervortritt. Die Gesichtsfeldgrenze bei Bjerrums Methode dagegen liegt an der Stelle, wo die Funktion langsamer fällt, und dementsprechend ist die Grenze natürlich nicht so scharf, wie die normale Aussengrenze des Gesichtsfeldes. Dies ist indessen keine Schwäche bei der Methode, denn dies gilt völlig ebenso der pathologischen Gesichtsfeldgrenze, auch wenn sie auf dem gewöhnlichen Perimeter bestimmt wird.

Verschiedene Gesichtsfeldverfasser haben die Bedeutung der Variation des Gesichtswinkels des Objektes nicht gesehen, fassen aber jedes Skotom, in dem ein weisses Objekt verschwindet, als absolut auf, ohne Rücksicht auf die Grösse des Objektes; diese Betrachtungsart ist natürlich ganz unrichtig; ist der Gesichtswinkel des Objektes klein, kann man von vorneherein nichts darüber wissen, ob nicht etwa ein grösseres Objekt darin gesehen wird, vielleicht sogar mit grosser Deutlichkeit; besonders im Nachweis relativer Skotome leistet Bjerrums Methode gerade etwas bedeutendes.

3. Das dritte, welches in gewissem Grade eine prinzipielle Eigentümlichkeit für Bjerrums Methode ist, ist die relative Unsichtbarkeit des Objektführers infolge der grösseren Entfernung. Es hat hier eine grössere Bedeutung, als bei der gewöhnlichen Perimetrie, dass der Hintergrund und die Objektstange möglichst wenig stören, deswegen erreicht man nicht dasselbe, wenn man den Gesichtswinkel dadurch verkleinert, dass man auf dem Perimeter ganz kleine Objekte gebraucht.

4. Die grössere Unabhängigkeit der Untersuchung von den Meridianen. Bei der gewöhnlichen Perimetrie besteht immer die Versuchung eine schematische meridionale Objektführung anzuwenden, während es jedoch selbstverständlich ist, dass man die beste Bestimmung einer Grenze dadurch erreicht, dass man das Untersuchungsobjekt rechtwinklig zur Grenze führt; wenn also eine pathologische Gesichtsfeldgrenze radiär verläuft, wird eine quergehende Objektführung weit bessere Resultate ergeben, als eine meridionale (aus demselben Grunde sind alle Schnurperimeter unzweckmässig).

Bei Bjerrums Methode in der Form, in der sie auf seiner Klinik angewandt wird, benutzt man eine ca. $2\frac{1}{2} \times 2$ m grosse, mattschwarze Gardine¹⁾, die im Hintergrund eines nicht zu tiefen Zimmers aufgehängt ist und von vorne durch ein paar grosse Fenster beleuchtet wird. Wenn ein derartiger Platz nicht zur Verfügung steht, ist es zu empfehlen, die Gardine von der Decke des Untersuchungsraumes zu hängen, oder wenn diese schmal ist, von einer Leiste quer über dieselbe in einer angemessenen Entfernung vom Fenster (4—5 m), anstatt sie im Hintergrunde eines tiefen Zimmers aufzuhängen, wo die Beleuchtung deswegen schlecht wird. Eine Beleuchtung von der Seite lässt sich

¹⁾ Die ganze Installation für die Bjerrumsche Gesichtsfelduntersuchung (Gardine, Objekten und Objektführer sowie Gesichtsfeldschemata) wird von C. Nyrops Etabl. Kopenhagen fertig geliefert.

nicht anwenden. Vermittelt ganz schwach sichtbarer Zeichen (Bleistiftstriche z. B.) sind die 8 Meridiane der Gardine in Stücke von $\frac{1}{10}$ m geteilt von einem Nullpunkt aus, der in der Augenhöhe einer sitzenden Person auf der vertikalen Mittellinie der Gardine liegt. Folgende Tabelle zeigt, was die Entfernung auf der Gardine, vom Nullpunkt gerechnet, in Graden bedeutet:

Die Entfernung des Auges von der Gardine	10.0	2000	1200	2400	2270
$\frac{1}{10}$ m vom Nullpunkt . .	5° 43'	2° 52'	4° 46'	2° 23'	2° 31'
$\frac{2}{10}$ " " " . .	11° 19'	5° 43'	9° 28'	4° 46'	5° 02'
$\frac{3}{10}$ " " " . .	16° 42'	8° 32'	14° 02'	7° 08'	7° 32'
$\frac{4}{10}$ " " " . .	21° 49'	11° 19'	18° 26'	9° 28'	10°
$\frac{5}{10}$ " " " . .	26° 34'	14° 02'	22° 37'	11° 46'	12° 25'
$\frac{6}{10}$ " " " . .	30° 58'	16° 42'	26° 34'	14° 02'	14° 48'
$\frac{7}{10}$ " " " . .	34° 59'	19° 17'	30° 15'	16° 16'	17° 08'
$\frac{8}{10}$ " " " . .	38° 40'	21° 49'	33° 41'	18° 26'	19° 25'
$\frac{9}{10}$ " " " . .	41° 59'	24° 14'	36° 52'	20° 33'	21° 37'
$\frac{10}{10}$ " " " . .	45°	26° 34'	39° 49'	22° 37'	23° 45'
$\frac{11}{10}$ " " " . .	47° 43'	28° 49'	42° 31'	24° 37'	25° 50'
$\frac{12}{10}$ " " " . .	50° 21'	30° 58'	45°	26° 34'	27° 52'

Der gewöhnliche Untersuchungsabstand ist 2 m; in der Tabelle sind ausserdem Werte für eine Anzahl anderer Untersuchungsabstände aufgeführt; von diesen ist der Abstand 2270 mm gewählt, weil dieser in der Gegend des Nullpunktes 20 cm auf der Gardine annähernd 5° entsprechen lässt, was unter gewissen Verhältnissen praktisch ist; die Abstände 1200 und 2400 mm sind herangezogen, weil diese die Teile einer Quotientenreihe sind, die auch den Radius des Perimeters von 300 mm enthält. Dadurch werden die Gesichtswinkel bei derselben Objektgrösse ebenfalls eine Quotientenreihe bilden müssen, so dass der Gesichtswinkel auf dem Perimeter und auf Bjerrums Gardine immer einfache Multipla voneinander werden.

Man sieht aus der Tabelle, dass beim gewöhnlichen Untersuchungsabstand (2 m) nur die zentralen 30° des Gesichtsfeldes untersucht werden können, wenn sich das Fixationsobjekt beim Nullpunkt auf der Gardine findet. Da es sich sehr oft um eine Skotomuntersuchung handelt, wird dies doch genügend sein, im übrigen aber ist es leicht, auch die Aussengrenzen mitzunehmen dadurch, dass man ein Fixationsobjekt am Rande der Gardine anwendet, z. B. in jedem Meridian

120 cm vom Nullpunkte. Es wird dadurch erreicht, dass sich ca. 60° des Gesichtsfeldes untersuchen lassen, und dies ist genügend für eine vollständige Untersuchung der Aussengrenze, da diese bei den Objektgrößen (5 mm), die angewandt werden sollen, 60° in keinem Meridian erreicht. Natürlich ist das Fixationsobjekt auf der Gardine für jeden untersuchten Meridian zu verrücken. Arbeitet man mit peripherem Fixationsobjekt, ist es klar, dass alle Maße beim Umsetzen in Gradzahlen vom Nullpunkt aus zu rechnen sind; findet sich z. B. das Fixationsobjekt im horizontalen Meridian 120 cm vom Nullpunkt am linken Rande der Gardine und wird die Lage der Aussengrenze z. B. $\frac{5}{10}$ m rechts vom Nullpunkt nachgewiesen, wird die Ausdehnung des Gesichtsfeldes in linearem Maße $\frac{12}{10} + \frac{5}{10}$ m; in Gradzahlen $31 + 14^{\circ} = 45^{\circ}$.

Wenn sich die Grenze $\frac{5}{10}$ m links vom Nullpunkt fand, wird die lineare Ausdehnung des Gesichtsfeldes $\frac{12}{10} - \frac{5}{10}$ m; in Gradzahlen $31 - 14^{\circ} = 17^{\circ}$ [nicht 19° , $\frac{7}{10}$ m entsprechend ($12 - 5 = 7$)].

Zu Objekten benutzt Bjerrum kleine weisse, kreisrunde Knochen-scheiben. In der Mitte der einen Seite tragen diese Scheibchen einen Zapfen, der in eine Spalte am Ende einer langen dünnen, mattschwarzen Metallstange eingeklemmt wird. Diese kleinen Objekte sind betreffs des Aussehens, der Form und Grösse haltbar, sie werden nicht leicht beschmutzt und lassen sich leicht reinigen. Die Metallstange muss ca. 1 m lang sein, dünn und mattschwarz, wie die Gardine. In dem Falle ist sie bei dem verhältnismässig grossen Abstände in der Peripherie des Gesichtsfeldes unsichtbar, jedenfalls genügend wenig hervortretend, um die sichere Beobachtung des kleinen weissen Probeobjektes nicht zu stören.

Die Objekte müssen sich am liebsten in 4 Grössen finden, mit einem Durchmesser von bzw. 20, 10, 5 und 2,5 mm, und es ist praktisch von jeder Grösse verschiedene Exemplare vorrätig zu haben.

Den Gesichtswinkel bezeichnet man am einfachsten mit dem Quermaße des Objektes, dividiert mit dem Abstand des Auges vom Objekte. Untersucht man auf dem Perimeter mit 10 mm-Objekt, wird der Gesichtswinkel also $\frac{10}{300}$; wird mit einem 5 mm-Objekt auf Bjerrums Gardine untersucht, wird der Gesichtswinkel $\frac{5}{2000}$. Wünscht man den Ge-

sichtswinkel in Graden zu kennen, gebraucht man diese Grössen nur mit $\frac{180}{\pi}$ zu multiplizieren.

Es ist zu empfehlen, ausser den genannten Objektgrössen auch ein Objekt von 6,7 cm Durchmesser zu haben. Dies Objekt wird in einer Entfernung von 2 m $\left(\frac{67}{2000}\right)$ denselben Gesichtswinkel haben, als ein 10 mm-Objekt auf dem Perimeter ($\frac{10}{300}$) und lässt sich deswegen sehr gut anwenden um das Perimeterresultat bei einer genaueren Bestimmung einer Grenzlinie bei grossem Objektgesichtswinkel, oder ähnlich zu kontrollieren (z. B. bei Simulation etc.).

Aus dem obigen geht hervor, dass Bjerrums Methode kein Ersatz für die Perimeteruntersuchung ist, sondern eine Erweiterung derselben, die Methode setzt voraus, dass die Aussengrenzen auch mit Objekten von grossem Gesichtswinkel aufgenommen werden, und es wird natürlich sein, diese Untersuchung der Untersuchung nach Bjerrum vorausgehen zu lassen.

Der Gang der Untersuchung kann sich deswegen beispielsweise folgendermassen formen:

Ein Perimeter mit einem schmalen Gradbogen wird vor der Gardine aufgestellt und das Gesichtsfeld wird mit der Gardine als Hintergrund aufgenommen. Dadurch erreicht man eine grössere Freiheit bei der Objektführung ausserhalb der vom Gradbogen bestimmten Meridiane, was für eine richtige Bestimmung der Skotome und Gesichtsfeldgrenzen, die z. B. einen radiären oder annähernd radiären Verlauf haben, von grosser Bedeutung ist. Der Perimeterbogen allein dient als Hintergrund für Grenzbestimmungen im äusseren Teil des Gesichtsfeldes ($60-90^\circ$), wo der Verlauf der Grenze ja sozusagen immer rechtwinklig zu den Meridianen sein wird. Die Grösse des Objektes kann den Umständen nach 20 oder 10 mm betragen, das grösste dieser Objekte gibt unter pathologischen Verhältnissen eine Grenze, die sich am meisten der absoluten Aussengrenze nähert, und die deswegen den Unterschied gegen Bjerrums Methode am besten hervortreten lässt, wogegen es für den Nachweis des blinden Flecks und der gewöhnlichen schmalen bogenförmigen Glaukomskotome reichlich gross ist, die oft den Gesichtswinkel dieses Objektes in Gradzahlen nicht erreichen oder nur unbedeutend überschreiten; aus diesem Grunde wird ein 10 mm-Objekt in der Regel vorzuziehen sein.

Nach der Perimeteraufnahme wird der Bogen entfernt und die Kinnstütze wird auf einen Abstand von 2 m fortgerückt. Ein Objekt von 20 mm oder weniger wird als Fixationsobjekt im Nullpunkte der Gardine angebracht und die Lage und Grösse des blinden Flecks wird durch horizontale und vertikale Objektführung bestimmt, demnächst wird nach etwaigen Skotomen in den zentralen Teilen des Gesichtsfeldes gesucht. Endlich werden die Aussengrenzen bestimmt, nötigenfalls ist hier das Fixationsobjekt in die Peripherie hinauszurücken, was natürlich voraussetzt, dass es für jede Meridianaufnahme zu verrücken ist.

Wie schon hervorgehoben ist, erreicht man einen volleren Eindruck der Funktion im Gesichtsfelde, je mehr Objektgrössen angewandt werden, in der Regel aber wird sich ein einzelnes Objekt völlig ausreichend zeigen. Es lässt sich empfehlen mit einem Objekt von 5 mm¹⁾ zu beginnen, und dies wird in den allermeisten Fällen ausreichen. Nur wenn besondere Verhältnisse vorliegen, z. B. dass bei einem Glaukomfalle auf dem Perimeter ein normales Gesichtsfeld gefunden ist, bei $\frac{5}{2000}$ dagegen ein Gesichtsfeld, das in allen Richtungen sich unter 12—15° vom Fixationspunkt erstreckt, kann es richtig sein die Untersuchung mit einem Objekt von 10 mm zu supplieren, weil vielleicht erst dieser Gesichtswinkel ein charakteristisches bogenförmiges Skotom entschleiert.

Die Objektführung geht mit einer Schnelligkeit von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ m in der Sekunde in der Führungsrichtung vor sich, es ist jedoch sehr zu empfehlen, das Objekt nicht geradlinig, sondern mit kleinen, nicht zu schnellen Abweichungen rechtwinklig zur Führungsrichtung zu führen, da dies dem Untersuchten die Observation bedeutend erleichtert.

Ebensowenig, wie bei der gewöhnlichen Perimetrie, darf man sich darauf beschränken den Untersuchten sagen zu lassen, wann ihm das Objekt sichtbar wird; durch fortgesetztes Fragen muss man sich während der Führung auch die Angabe erzwingen, dass der Untersuchte das Objekt noch nicht sehe, sonst wird es nicht gelingen die Aufmerksamkeit des Untersuchten genügend zu fesseln, und meiner Meinung nach trägt auch bei der gewöhnlichen Perimetrie dieser technische Fehler die Verantwortung für zahlreiche «konzentrische Verengerungen» des Gesichtsfeldes. Auf die Befolgung dieses Punktes lege ich grosses Gewicht.

¹⁾ A. Sinclair (7) geht abwärts und wendet ein Objekt von 1 mm Durchmesser besonders zur Bestimmung der Grenzen des blinden Flecks an um auszuschliessen, dass ein Glaukomskotom von demselben ausgehen sollte.

Es ist davon abzuraten zu viele Meridiane zu untersuchen; 8 ist eine passende Zahl; andererseits sind diese 8 sehr gründlich und mit einer sorgfältig wiederholten Bestimmung jeder Grenze zu untersuchen, eventuell sowohl durch zentripetale und zentrifugale Führung. Bei einer guten Untersuchung sind die Werte, welche man bekommt, auf beide Arten sehr wenig abweichend voneinander. Werden zu viele Meridiane untersucht, geht es über die Genauigkeit der Untersuchung aus, oder über die Fähigkeit des Untersuchten die Aufmerksamkeit zu bewahren. Andererseits muss man eine bedeutend vermehrte Anzahl Grenzbestimmungen an den Stellen sammeln, wo man einen Bruch des regelmässigen Verlaufs der Gesichtsfeldgrenze nachweisen oder vermuten kann. Da die Gesichtsfelduntersuchung vermittelt Punktbestimmungen vor sich geht, also eine sehr unvollkommene Methode ist räumliche Verhältnisse wiederzugeben, ist es klar, dass die Anzahl der notwendigen Punktbestimmungen überall sehr bedeutend wachsen muss, wo die Grenze vom regelmässigen (hier zirkulären) Verlauf abweicht. Deswegen ist eine stereotype Untersuchung, wo die Anzahl der Punktbestimmungen regelmässig nach Meridianen verteilt wird, ganz verwerflich. Beispielsweise lässt sich hervorheben, dass, wenn sich die temporale horizontale Nervenfaserrappe in der Retina des Gesichtsfeldes in einem «nasalen Sprung» geltend macht (R ö n n e 5), so erfordert das Konstatieren dieser Gesichtsfeldform eine weit grössere Anzahl Bestimmungen, anstatt zu konstatieren, dass die Aussengrenze an derselben Stelle einen normalen Verlauf habe.

Ebenso notwendig ist es beim Bruch an der regelmässigen zirkulären Grenze die meridionale Objektführung zu verlassen und rechtwinklig zur vorliegenden Grenze zu führen. Es ist klar, dass, je schräger ein Objekt gegen eine vorliegende Grenze geführt wird, desto breiter wird der Gürtel sein, den es passieren muss, wo das Objekt gerade an seiner Reizschwelle ist, und um so zufälliger ist also der gefundene Wert. Soll man z. B. einen nasalen Sprung konstatieren, muss man sich nie damit begnügen einen Unterschied zwischen der Lage der Grenze über und unter dem nasalen Horizontalmeridian zu konstatieren und jeden Unterschied für einen «Sprung» zu erklären, stets muss man eine supplierende vertikale Objektführung anwenden um zu konstatieren, dass das Objekt wirklich genau sichtbar werde, resp. gerade in dem betreffenden Meridian verschwinde. Auf ähnliche Weise darf man sich nicht damit begnügen nachzuweisen, dass ein Objekt in einer ringförmigen Gesichtsfeldpartie vom blinden Fleck, in einem Bogen $10-20^{\circ}$ vom Fixationspunkte (Bjerrums Glaukomsymptom) verschwindet, man

muss jedoch immer den Defekt in der Weise kontrollieren, dass man das Objekt zirkulär durch die volle Länge des Defektes führt und sich dadurch sichert, dass es auf dieser recht langen Strecke nicht gesehen wird.

In Konsequenz des obigen könnte ich bemerken, dass ich die bekannte Weise, das Gesichtsfeld durch Punkte, die durch gerade Linien verbunden werden, in das Skema einzutragen, für unzweckmässig halte. Die scheinbare Objektivität, welche sie an sich hat, ist nur bei einer ganz oberflächlichen Betrachtung vorhanden, denn die Subjektivität, die man natürlich bei dieser, wie bei allen anderen Untersuchungen stets befürchten kann, gibt sich nicht durch Niederschreiben des Resultates, sondern durch die Untersuchung an sich zu erkennen. Und die entstandenen polygonalen, ja oft sternförmigen Gesichtsfelder geben häufig einen ganz falschen Eindruck vom Gesichtsfelde, und lassen also die graphische Darstellung gerade an dem Punkte versagen, wo sie von Vorteil sein sollte. Der grosse Einwand aber, der sich nach meiner Meinung gegen die Notierungsweise machen lässt, besteht darin, dass sie den Untersucher zu einer stereotypen nicht individualisierenden Arbeitsart lockt.

Aus ästhetischen Gründen wird sie die oben erwähnte gleichartige Verteilung der Punktbestimmungen längs der Peripherie des ganzen Gesichtsfeldes hervorrufen, anstatt dessen sollte man in vielen Fällen die Zeit und die Kräfte des Untersuchten sparen und sich, besonders in der temporalen Gesichtsfeldhälfte, mit einer geringen Anzahl Bestimmungen begnügen (häufig werden 3 ausreichend sein), so dass man mehr Aufmerksamkeit und Zeit auf die wichtigere nasale Hälfte und auf den zentralen Teil des Gesichtsfeldes verwenden kann.

Ausserdem ist es ja fast so, dass die Methode erfordert, dass man sich mit einer Bestimmung in jedem Meridian begnügt, so dass sie den Untersucher fast direkt von der Methode fortdrängt, die nach meiner Ansicht die richtige ist, nämlich wenig untersuchte Meridiane, jedoch mit wiederholter und genauer Grenzbestimmung, in Richtung der stereotypen: viele Meridiane, jeder nur mit einer (ungenauen) Bestimmung. Wo die Punktbestimmungen aus anderen Gründen dicht beieinander liegen, also an den Stellen, wo die Grenze nicht regelmässig verläuft, ist es ja doch unmöglich durchzuführen die Grenze geradliniger Bruchstücke aufzuzeichnen. Am besten scheint es mir also zu sein die Gesichtsfeldfigur so sehr wie möglich den wirklichen Verhältnissen anzupassen, indem man die Grenze mit gekrümmten Linien

zwischen den Punktbestimmungen angibt. Ich möchte an dieser Stelle die Randbemerkung machen, dass es überflüssig und unrichtig ist, wenn ein Gesichtsfeldschema die normalen Grenzen eingezeichnet enthält, und besonders ist es ein wesentlicher Fehler, wenn sich der blinde Fleck angeben findet, diesen dürfte der Untersucher jedenfalls selbst einzeichnen, so dass sich aus dem Vorhandensein oder Fehlen desselben auf dem Schema sehen lässt, ob der Platz desselben gefunden ist oder nicht¹⁾.

Was die Fehlerquellen betrifft, welche bei der Bjerrumschen Methode in Betracht kommen, so sei zuerst der Umstand erwähnt, dass ein kleines Objekt verschwinden kann, wenn es dicht an den Rand der Gardine kommt, selbst wenn die Grenze in Wirklichkeit weiter ausserhalb liegt (die hellere Wand stört die Wahrnehmung desselben). Man muss dann die Gesichtsfeldgrenze auf der Gardine verlegen, indem man das Fixationsobjekt vom Nullpunkt aus nach dem Rande der Gardine verrückt. Was die Aussengrenzen des Gesichtsfeldes bei Bjerrums Methode betrifft, so darf man — wenn man nicht das Gesichtsfeld des normalen Auges desselben Patienten zum Vergleich hat — es nicht so genau nehmen. Auf «kleine konzentrische Verengerungen» des Gesichtsfeldes darf man kein grosses Gewicht legen. Es sind die unregelmässigen Verengerungen, die mehr oder weniger sektorförmigen Defekte, die skotomatösen Defekte, die die grösste Bedeutung haben, und in bezug auf diese können individuelle Fluktuationen in der Ausdehnung des Gesichtsfeldes nie irgend welchen Zweifel bedingen.

Variationen in der gewöhnlichen Tagesbeleuchtung haben nur einen geringen Einfluss auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes bei einem normalen Individuum. Dagegen kann ein Defekt wohl leichter bei der schwachen, als bei der starken Beleuchtung hervortreten, nämlich wenn die Funktion des Defektes für das betreffende Objekt gerade an der Reizschwelle läge, eine verhältnismässig geringe Schwächung der Funktion wird das Objekt dann unter die Reizschwelle bringen können, so dass der Defekt sehr deutlich hervortritt. Etwas ähnliches wird natürlich den Variationen der Pupillenweite gelten, diese aber werden ebenso wenig, wie Variationen der Beleuchtung an und für sich unregelmässige, sektorförmige oder skotomatöse Defekte des Gesichtsfeldes bedingen können.

¹⁾ Siehe auch z. B. Traquair 9.

In untenstehender Tabelle findet sich eine Untersuchungsreihe über den Einfluss der Pupillengrösse für meine Augen. Es wurde eine Paralleluntersuchung beider Augen vorgenommen, die etwa 1 Stunde zuvor bzw. mit einer 2proz. Pilokarpinlösung und einer 5proz. Kokainlösung getropft waren. Im Untersuchungs Augenblick war das ursprüngliche Ciliarmuskelspasmus am pilokarpingetropften Auge zurückgegangen und die Refraktion war auf beiden Seiten emmetropisch. Die Grösse der Pupille war bzw. 2,5 mm und 6 mm. Die Beleuchtung der beiden Gesichtsfelder verhält sich also wie 1 : 6.

Behandlung des Auges mit	$\frac{5}{1000}$	$\frac{5}{2000}$	$\frac{10}{2000}$	$\frac{10}{1000}$	$\frac{20}{1000}$	$\frac{40}{1000}$	$\frac{80}{1000}$
Pilokarpin 2%	16°	39°	53°	67°	73°	73°	73°
Kokain 5%	22°	42°	53°	67°	73°	73°	73°

Die Zahlen gelten dem oberen nasalen Gesichtsfeldmeridian. Man sieht deutlich, dass die Beleuchtung nur bei den allerkleinsten Gesichtswinkeln einen kennbaren Einfluss auf die Gesichtsfeldgrenze hat.

Unregelmässige sektorförmige oder skotomatöse Gesichtsfelddefekte können bei einer ungenau optischen Einstellung des Auges auch nicht entstehen; dagegen wird diese eine gleichmässige Verengung des Gesichtsfeldes für die kleinen Objekte mit sich führen können, um so mehr, je kleiner diese sind.

Deswegen muss man bei der Untersuchung mit sehr kleinen Objekten eine vorhandene Myopie und eventuell Hypermetropie durch ein passendes Glas korrigieren. Auf eine genaue optische Einstellung kommt es jedoch gar nicht an, wenn der Gesichtswinkel $\frac{5}{2000}$ beträgt. Die Brille belästigt bei der Untersuchung des mittelsten Teils des Gesichtsfeldes nicht. Sollte der Rand der Brille bei der Aufnahme einer Aussengrenze belästigen, kann man diese Schwierigkeit vermeiden, indem man den Untersuchten das Glas vor seinem Auge schräg halten lässt, nämlich senkrecht zum Richtungsstrahl von der Gesichtsfeldperipherie nach dem Auge. Das Fixationsobjekt gebraucht er nicht durch das Glas zu sehen. Im übrigen ist es äusserst selten notwendig sich dieses Verfahrens zu bedienen. Bei exzessiver Myopie ist zu erinnern, dass mitunter ein grosser Unterschied zwischen der Refraktion in der Fovea und in der Peripherie besteht. Wendet man ein korrigierendes Glas bei der

Untersuchung an, verändert dies natürlich sowohl den Gesichtswinkel des Objektes, als auch den der Gesichtsfeldtafel (der Einteilungen): die wirklichen Werte lassen sich leicht durch Berechnung nach der von Tscherning (11, S. 407) angegebenen Methode finden, die sich durch folgende Formel ausdrücken lassen:

$$m = \frac{f}{f \div a}$$

wo m die durch das korrigierende Glas hervorgerufene Vergrößerung, resp. Verkleinerung des Gesichtswinkels ist, a bedeutet den Abstand vom Glas bis zur Pupille (18 mm) und f die Brennweite in mm. Wird die Berechnung für eine korrigierte Hypermetropie und Myopie von 10 Dioptrien ausgeführt, bekommt man für die Hypermetropie eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes von:

$$m = \frac{100}{100 - 18} = \frac{100}{82} = 1,22 \text{ mal.}$$

Für die Myopie bekommt man eine Verkleinerung der Sehwinkel von $m = \frac{100}{18 + 100} = 0,8 \text{ mal.}$

Die Formel lässt die Berechnung der Veränderung des Gesichtswinkels bei jedem beliebigen korrigierenden Glas zu.

Es könnte scheinen, dass die Gesichtsfelduntersuchung nach Bjerrum gegenüber der Untersuchung mit gefärbten Objekten eine Konkurrenzmethode sein könnte, da der Defekt im peripheren Farbensinn nach Schoen (8) und Treitel (10) ein Maß für die periphere Sehschärfe abgeben sollte. An und für sich ist Bjerrums Methode der Farbenperimetrie überlegen, weil sie bei demselben Individuum weniger variable Grenzen als diese letztere liefert. Besonders für weniger geübte und intelligente Individuen ist es weit schwieriger zu entscheiden, wann er eine Farbe wirklich als solche sieht, und wann nicht, oder ob er überhaupt etwas (das kleine weisse Objekt) sieht, oder ob er nichts sieht. Dies, ob überhaupt etwas zu sehen sei, ist eine einfachere Frage, als die Frage von der Farbe. Ausserdem variiert die Lage der Farbengrenzen bei verschiedenen Individuen mehr, als die Grenzen bei Bjerrums Untersuchung. Indessen macht Bjerrums Methode keineswegs das Farbengesichtsfeld überflüssig, im Gegenteil, die Farbenperimetrie ist eine wichtige Methode, deren Resultate keineswegs immer mit den von Bjerrum identisch sind. Schoen und Treitels Anschauung, dass die Farbenperimetrie indirekt eine Auskunft über die Sehschärfe in der Gesichtsfeldperipherie geben

sollte, ist nämlich unrichtig, was man am besten daraus ersieht, dass auch der zentrale Farbensinn für die Sehschärfe kein Maß abgibt. In einigen Fällen kann ein voller oder fast voller Farbensinn im Zentrum erhalten sein, selbst wenn die Sehschärfe auf Fingerzählen gesunken ist, in anderen Fällen (besonders bei Tabesatrophie) kann eine zentrale Sehschärfe von $\frac{6}{36}$ mit erworbener totaler Farbenblindheit und ein Sehvermögen $\frac{6}{9}$ mit totalem erworbenem Fehlen von rot und grün verbunden sein. Ganz auf dieselbe Weise wird jeder, der Paralleluntersuchungen des Gesichtsfeldes mit den beiden Methoden anstellt, bald entdecken, dass sie bald einigermaßen übereinstimmen, bald stark voneinander abweichen. Es kann sich mit anderen Worten zwischen der zentralen Sehschärfe und dem Farbensinn eine Proportionalität oder Disproportionalität finden. Eine derartige Übereinstimmung zwischen den beiden Methoden lässt sich durch folgenden Gedankengang erklären, den ich in einer früheren Abhandlung (6, Seite 160) festzustellen versucht habe:

Da man annehmen muss, dass Farbensinn und Sehschärfe von denselben Nervenfasern geleitet werden, muss eine Leitungsstörung, die eine Dezimierung der Anzahl der leitenden Einzelemente bewirkt, jedesmal eine proportionale Herabsetzung der Sehschärfe und des Farbensinnes ergeben. Findet sich dagegen die eine oder die andere dieser Funktionen (immer der Farbensinn) verhältnismäßig stärker affiziert, so lässt sich dies bei Leitungskrankheiten schwerlich auf andere Weise erklären, als durch eine Affektion der einzelnen Nervenfasern, so dass diese einen Leitungswiderstand ergeben, der bewirkt, dass die betreffende Faser nur für die eine der beiden Funktionen passabel ist. Dies bedeutet wiederum ein frisches Leiden, da man annehmen muss, dass durch Heilung Restitutio ad integrum für die Fasern eintreten wird, die nicht zugrunde gegangen sind.

In der zitierten Abhandlung fand sich diese theoretische Anschauung durch Untersuchung einer Reihe von Fällen der Sehnervenatrophie bestätigt. In 8 Fällen neuritischer Atrophie (also stationäre Atrophie) fand ich beständig volle Proportionalität zwischen Sehschärfe und Farbensinn; in 5 Fällen von Sehnervenatrophie durch Tabes, wo das Fortschreiten der Krankheit langsam war, fand ich ebenfalls Proportionalität, während ich bei 5 anderen Fällen schnell verlaufender Tabesatrophie eine der Bösartigkeiten des Leidens, entsprechend mehr oder weniger ausgeprägte Disproportionalität zwischen peripherer Sehschärfe und Farbensinn fand. Dies ist natürlich in bester Übereinstimmung mit

den oben erwähnten theoretischen Erwägungen, weil ein Fall dort, wo ein grosser Prozentsatz der Sehnervenfasern affiziert, aber noch nicht ganz zugrunde gegangen ist, annehmbar sowohl eine schlechte Prognose ergeben muss, weil die Affektion so diffus im Sehnerven begonnen hat, als auch der Theorie nach eine ausgesprochene Disproportionalität ergeben soll, weil ein grosser Prozentsatz der Fasern «leitungsgehemmt» ist und deswegen schwerlich einen Farbeindruck transportieren kann. Die ganz oder relativ stationären Sehnervenatrophien müssen natürlich, wie gefunden, Proportionalität zeigen, da sich keine oder relativ wenig «leitungsgehemmte» Fasern finden.

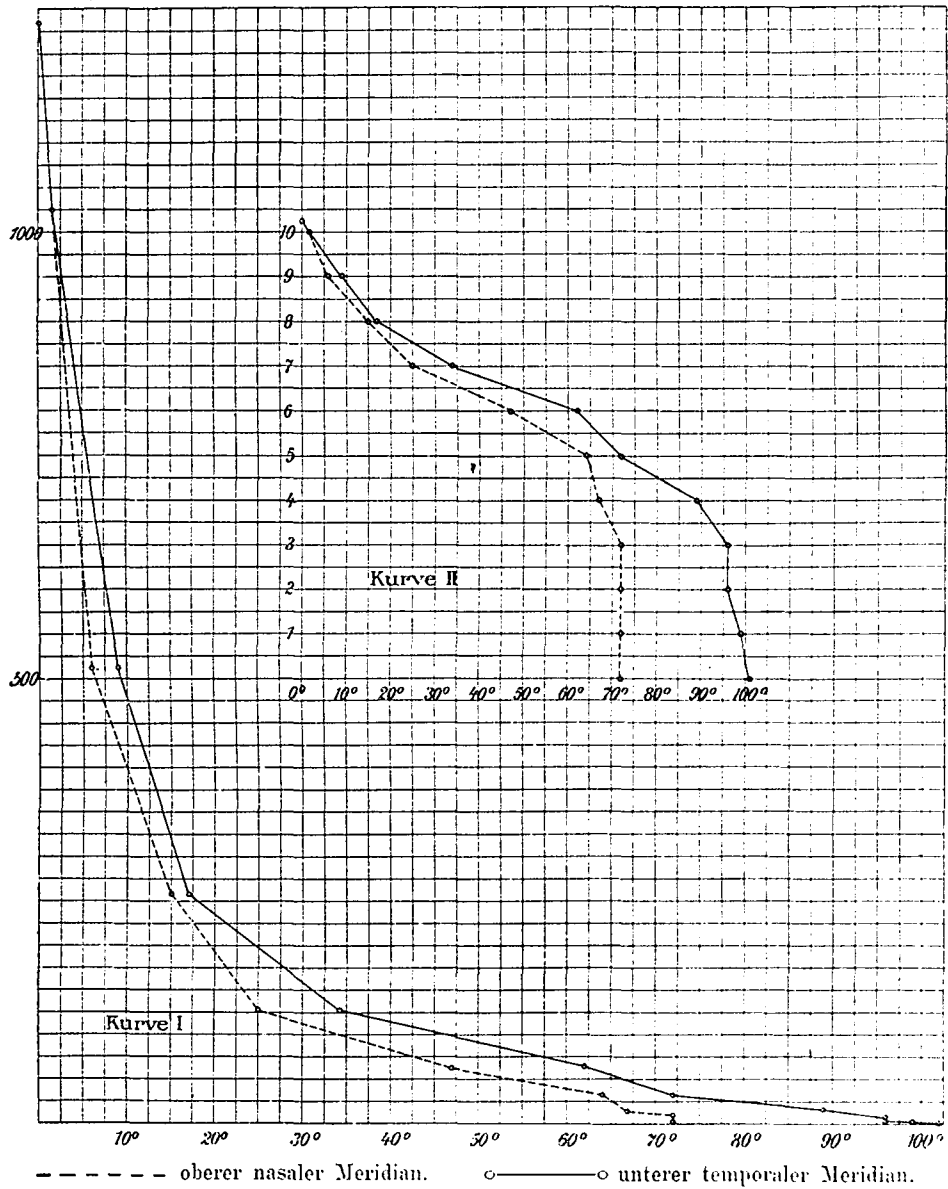
Im normalen Gesichtsfeld wird die Grenze für rot $10/300$, sehr oft ungefähr mit der Grenze für weiss $10/2000$ zusammenfallen, kann aber freilich etwas enger sein, so dass eine Verengerung der Rotgrenze auf die Grenze für weiss $5/2000$ nicht als pathologisch erachtet werden kann. Es sind deswegen nur grobe Fehler in der Übereinstimmung der Grenzen für die kleinen weissen und die farbigen Objekte, worauf man Gewicht legen kann, wenn die Grenzen für die weissen und gefärbten Objekte im wesentlichen gleich gebildet sind; wenn dagegen die Gesichtsfelder für Sehschärfe und Farbensinn an Form sehr abweichend voneinander sind, so wird schon dies ein sicheres Zeichen von Disproportionalität sein.

Da in der Regel die Zeit begrenzt ist, die sich auf eine Gesichtsfelduntersuchung opfern lässt, ist es zum Beispiel zu empfehlen, in der

Gesichtswinkel	temporal	temporal abwärts	abwärts	nasal abwärts	nasal	nasal aufwärts	aufwärts	temporal aufwärts	Punktschärfen (reziproker Wert des Gesichtswinkels)
$100/1000$	107	102	76	67	62	72	69	95	1
$80/1000$	104	99	76	67	62	72	69	91	2
$40/1000$	101	96	76	67	62	72	69	91	4
$20/1000$	99	96	76	67	62	72	69	88	8
$10/1000$	93	89	76	67	62	67	69	79	16
$5/1000$	82	72	69	59	60	64	66	75	32
$5/2000$	72	62	51	47	50	47	51	50	64
$2.5/2000$	33	34	27	25	31	25	24	25	128
$2.5/4000$	10	17	13	12	15	15	11	12	256
$1.25/4000$	10	9	8	7	6	6	4	6	512
$0.83/4000$	ungefähr $1^{\circ} 20'$								1024
$0.83/4800$	wird gerade zentral erkannt								1236

Praxis mit folgenden Objektgrößen zu untersuchen: weiss $\frac{10}{300}$ und rot $\frac{10}{300}$ auf dem Perimeter, sowie $\frac{5}{2000}$ auf Bjerrums Gardine.

Die normalen Gesichtsfeldgrenzen bei verschiedenen Objektgrößen gehen aus der Tabelle S. 297 und aus den Kurven hervor.



Aus der Tabelle ist es ersichtlich, dass die Gesichtsfeldgrenze in den nasalen Meridianen sehr schnell ihr Maximum erreicht, während die Grenze in temporaler Richtung andauernd wächst bei Vergrößerung des Gesichtswinkels [zuerst von Hummelsheim und Waldeck (12) nachgewiesen]. Dasselbe sieht man an den Kurven. Die in der Tabelle angegebenen Werte stammen von einer einzelnen Untersuchung (einzelne augenscheinliche Fehler sind nach einer anderen Reihe korrigiert) und gelten für mein Auge; es sind deswegen wohl eher Maximalwerte, als Minimalwerte. Als Minimalwert lässt sich wohl der in der Tabelle angeführte Wert für den gewissermaßen kleineren Gesichtswinkel¹⁾ rechnen; jedoch hebe ich wiederum hervor, dass man bei Bjerrums Methode, ganz wie bei der Perimetrie im allgemeinen, nicht zu viel Gewicht auf eine geringe konzentrische Verengung der Grenze legen darf, es kommt auf die Skotome und die unregelmäßigen Seitenverengungen an.

In der Textfigur zeigt die Form der Kurve I die Sehschärfe des Gesichtsfeldes und ist mit den Punktsehschärfen als Ordinaten und den Gesichtsfeldgrenzen als Abszissen konstruiert. Das überwältigende Funktionsübergewicht der zentralen Gesichtsfeldpartie über die Peripherie tritt hier ja deutlich hervor; und dies wäre in noch höherem Grade der Fall gewesen, wenn die Kurve mit dem Areal der Probeobjekte anstatt des Gesichtswinkels konstruiert wäre, was in gewissem Grade für die Funktionsverteilung der Retina einen korrekteren Ausdruck geben würde, da die Kurve dabei theoretisch die Anzahl der von jeder Arealeinheit der Retina ausgehenden Leitungsverbindungen mit dem Sehzentrum²⁾ angeben müsste.

¹⁾ Da die Gesichtswinkel in der Tabelle jedesmal um die Hälfte abnehmen, wird die Lichtmenge des nahezu niederen Objekts $\frac{1}{4}$; hiernach darf man sich nicht dem Glauben hingeben, eine Abnahme der Beleuchtung bis auf $\frac{1}{4}$ werde die Grenze in gleicher Weise verrücken; mit der Abnahme der Lichtmenge des Objektes wird auch der Einfluss aller störenden Momente verringert werden und die Empfindlichkeit des Auges zunehmen, so dass ein Verrücken der Beleuchtung die Grenze nur sehr wenig beeinflusst.

²⁾ Ganz korrekt würde es jedoch nicht sein; die beiden gegebenen Kurven stellen die Verhältnisse dar, wie sie sich praktisch gesehen bei der Gesichtsfelduntersuchung stellen. Wünscht man Aufschluss über die relative Funktion in verschiedenen Retinalpartien, ist zu berücksichtigen, 1. dass die sehr grossen Gesichtsfeldobjekte nicht mit ihrem ganzen Areal, sondern nur mit ihrer einen Randpartie wirken, und 2. dass die Pupille bei stark peripher gestellten Objekten wie eine Spalte wirkt, so dass weit mehr Licht von einem zentral gestellten, als von einem stark peripher gestellten Objekt von derselben Grösse die Retina erreicht, ohne dass die Lichtempfindlichkeit der Retina entsprechend erhöht ist.

Es ist klar, dass die oben in Textfigur gegebene Funktionskurve I auch eine gewisse Beziehung zur Grenzscharfe bei der Gesichtsfelduntersuchung mit verschiedenen Objektgrössen hat. Wenn nämlich die Funktion der gegebenen Partie des Gesichtsfeldes plötzlich und stark zunimmt, muss sich das Gesichtsfeldobjekt, dessen Aussengrenze gerade hier liegt, sofort mit grosser Deutlichkeit zeigen, während umgekehrt das Objekt, wenn die Funktion nicht zunimmt oder nur unbedeutend zunimmt auf einer längeren Strecke, gerade auf seiner Reizschwelle, und also die Aussengrenze des Objektes entsprechend unsicher definiert sein wird. Dies lässt sich folgendermassen ausdrücken: Die Schärfe der Gesichtsfeldgrenze wird durch die Veränderung des Gesichtswinkels des Objektes gemessen (Areal. Sehschärfe), welche erforderlich ist, um die Grenze ein gerade erkennbares Stückchen (eine Einheit) zu verschieben. Da es sich hier darum handelt, ein physiologisches Irritament auf einmal um eine gewisse Grösse zu vermehren, muss die Vermehrung nach Webers psychophysischem Gesetz von der Grösse des Vorirritamentes abhängig sein, um denselben psychischen Ausschlag zu geben. Es wird deswegen nicht die in der Figur gegebene Kurve 1. die die Grenzscharfe des Gesichtsfeldes ausdrückt, sondern eine Kurve, die über dieselben Zahlen konstruiert ist, jedoch so, dass die Ordinaten mit einem konstanten Stückchen erhöht werden jedesmal, wenn der Gesichtswinkel halbiert wird, oder — was dasselbe ist — zu Ordinaten werden die Logarithmen der Punktschärfe [reziproker Wert des Gesichtswinkels¹⁾] gewählt.

Auf diese Weise ist also Kurve 2 konstruiert. Aus der Neigung der Kurve²⁾ sieht man, dass die Gesichtsfeldgrenze in der Peripherie relativ scharf ist, ebenso wie in der Nähe des Zentrums, während die dazwischenliegende Gesichtsfeldpartie eine der stärkeren Neigung der Kurve entsprechende weniger scharfe Grenze hat. Man sieht, dass die mittlere Partie der Kurve annähernd geradlinig³⁾ ist, weswegen die Gesichtsfeldgrenze bei Bjerrums Methode überall annähernd dieselbe

¹⁾ Es führt natürlich zu demselben Resultat, ob der Logarithmus des Objektareals oder des Gesichtswinkels zur Konstruktion gewählt wird, da der Unterschied nur wird, dass alle Ordinaten mit 2 multipliziert oder dividiert werden.

²⁾ Die Schärfe der Gesichtsfeldgrenze ist nämlich proportional dem Richtungskoeffizienten der Kurve im betrachteten Punkt.

³⁾ Dasselbe Verhältnis ist auch von Groenouw (4) erwähnt.

Schärfe hat, etwas geringer als die der normalen Aussengrenze. Diese grössere Grenzscharfe ist indessen nichts, was den grösseren Objekten eigen ist, im Gegenteil, wenn die Grenze derselben unter pathologischen Verhältnissen so stark verengert wird, dass sie innerhalb des Gebietes des Gesichtsfeldes fällt, wo die Funktion langsam fällt, wird die Grenze auch für grosse Objekte von demselben Schärfegrad, wie bei Bjerrums Methode im normalen Gesichtsfeld. Dies Verhältnis, die abnehmende Schärfe der Grenze unter pathologischen Verhältnissen, hat schon A. v. Graefe auf praktischem Wege gefunden und sie findet ohne Zweifel ihre theoretische Erklärung in dem hier angeführten Verhältnis.

Literaturverzeichnis.

1. Bjerrum: Bemærkninger om Forminds kelse af synsstyrken samt kliniske iagttagelser angaaende Forholdet mellem synsstyrke klarhedssans og Farvesans. (Bemerkungen über die Verringerung der Sehschärfe, sowie klinische Beobachtungen betreffs des Verhältnisses zwischen Sehschärfe, Helligkeitssinn und Farbensinn.) Nord. ophthalmologich Tidschrift Bd. 1, S. 95, 1889.
2. Bjerrum: Om en Tilføjelse til den sædvanlige synsfelts undersøgelse samt om synsfeltet ved Glaucom. (Über eine Zufügung zu gewöhnlicher Gesichtsfeldmessung und über das Gesichtsfeld beim Glaukom.) Nord. ophthalm. Tidschrift Bd. 2, S. 141, 1889.
3. A. v. Graefe: Über die Untersuchung des Gesichtsfeldes bei amblyopischen Affektionen. Arch. f. Ophthalm. Bd. II, S. 258.
4. Groenouw: Über die Sehschärfe der Netzhautperipherie etc. Arch. f. Augenheilk. Bd. 26, 1893.
5. Henning Rönne: Über die Form der nasalen Gesichtsfelddefekte bei Glaukom. Arch. f. Ophthalm. Bd. 71, 1909.
6. Henning Rönne: Gesichtsfeldstudien über das Verhältnis zwischen der peripheren Sehschärfe und dem Farbensinn, speziell die Bedeutung derselben für die Prognose der Sehnervenatrophie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Febr. 1911.
7. Sinclair: Bjerrums method of testing the fields of vision etc. Transactions of the ophthalm. society of the united kingdom XXV, 1905, S. 384.
8. Schoen: Über die Grenzen der Farbenempfindungen in pathologischen Fällen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1873, S. 171.
9. Traquair: The quantitative Method in Perimetry with notes on Perimetric Apparatus. Ophthalmic Review March 1914.
10. Treitel, Über den Wert der Gesichtsfeldmessung mit Pigmenten etc. Arch. f. Ophthalm. Bd. 25, 1879.
11. Tscherning: Verres de lunettes orthoscopiques. Arch. f. Optik Bd. 1, S. 401, 1908.
12. Waldeck: Über das Abhängigkeitsverhältniss der Gesichtsfeldgrenzen von der Objektgrösse. Inaug.-Diss. Bonn 1902.