7.1. Psychol. 2 Physiol. Sinnesoy 7, Westheim 1894

Rechtschijder, Obfregundschuelle bei genipherer Dorbierung.

D. D. D. D.

Schooling auch von Größe der Reiner in grad ablängigt.

Cryckniss 5.183 z 185

Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts zu Berlin.

Shirt optiche ciufaire aus.
Cofar de Und Über die indirekte Sehschärfe.

Von

TH. WERTHEIM in Berlin.

Seitdem Purkinje 1 als der Erste die Netzhautperipherie in den Kreis seiner physiologischen Untersuchungen gezogen hat, haben zahlreiche Forscher das von jenem im Gegensatze zu dem direkten Sehen mit der Netzhautgrube sogenannte indirekte Sehen zu messen unternommen. Sieht man von Purkinjes eigenen Versuchen ab, die als eigentliche Messungen noch nicht gelten können, so rühren die ältesten Arbeiten über dieses Gebiet von Hueck 2 und von Volkmann 3 her. Sie bestimmten, wie weit Doppelstriche und Doppelpunkte, welche verschiedene Entfernung voneinander hatten, von dem fixierten Punkte noch unterscheidbar waren; dabei hat Volkmann, um alle Augenbewegungen auszuschalten, momentane Beleuchtung seiner Objekte mittelst des elektrischen Funkens angewendet. Die große Verschiedenheit in den Resultaten dieser beiden Forscher veranlaßte Aubert und Förster, 4 die Untersuchung wieder auf-

Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864.

¹ Purkinje, Beobachtungen zur Physiol. der Sinne. II. Prag 1825.

² Hueck, Von den Grenzen des Sehvermögens. Müllers Arch. f. Anat., Physiol. etc. 1840.

⁸ A. W. Volkmann, Artikel "Sehen" in Wagners Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III, 1. 1846.

⁴ Aubert und Förster, Beiträge zur Kenntnis des indirekten Sehens. Arch. f. Ophthalm. 1857. III, 2, und

Sie gingen auf doppelte Weise vor. Zunächst zunehmen. bestimmten sie nach einer schon vorher von E. H. WEBER¹ angegebenen Methode an einem mit Zahlen und Buchstaben von verschiedener Größe bedruckten Bogen Papier, welche von diesen Objekten beim Überspringen eines elektrischen Funkens zugleich erkennbar waren; weitere Untersuchungen stellten sie bei dauernder Beleuchtung durch Tageslicht in der Weise an, daß sie an einer dem Perimeter ähnlichen Vorrichtung einen Punkt fixierten und das Prüfungsobjekt vom fixierten Punkte allmählich nach der Peripherie hinbewegten, bis es für das Auge undeutlich wurde. Als Objekte dienten ihnen zwei schwarze Quadrate oder zwei Punkte oder zwei Linien auf weißem Grunde. Die Untersuchungsmethode vermittelst des Perimeters sowohl als auch die Art der Prüfungsobjekte wurden von fast allen späteren Untersuchern beibehalten. Sie bedienten sich ebenfalls entweder der Buchstabenproben oder der diesen ähnlichen Snellenschen Haken,2 oder es wurde zur Bestimmung der indirekten Sehschärfe der Abstand zweier paralleler Linien

¹ E. H. Weber, Artikel "Tastsinn" in Wagners Handwörterbuch der Physiologie. 1846. Bd. III, 2, und

E. H. Weber, Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge. Berichte der Leipziger Gesellsch. d. Wissensch. 1852.

² Leber, Über das Vorkommen von Anomalien des Farbensinnes bei Krankheiten des Auges, nebst Bemerkungen über einige Formen von Amblyopie. Arch. f. Ophthalm. Bd. XV. 1869.

Dor, Beiträge zur Elektrotherapie der Augenkrankheiten. Arch. f. Ophthalm. Bd. XIX. 1873.

Dobrowolsky und Gaine, Über die Sehschärfe (Formsinn) an der Peripherie der Netzhaut. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XII, 1876.

Königshöfer, Das Distinktionsvermögen der peripheren Teile der Netzhaut. Inaug.-Dissert. Erlangen 1876.

Hirschberg, Über graphische Darstellung der Netzhautfunktion. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.

Schadow, Die Lichtempfindlichkeit der peripheren Netzhautteile im Verhältnis zu deren Raum und Farbensinn. Arch. f. d. ges. Physiol. XIX. 1879.

R. Butz, Untersuchungen über die physiologische Funktion der Peripherie der Netzhaut. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1881, und Inaug.-Dissert. Dorpat. 1883.

GUSTAV BEOKER, Neue Untersuchungen über excentrische Sehschärfe und ihre Abgrenzung von der centrischen. Inaug.-Dissert. Halle 1883.

Hilbert, Über das excentrische Sehen. Schriften der physikal.-ökon. Ges. zu Königsberg. 24. Jahrg. 1883.

oder zweier Punkte oder zweier Quadrate benutzt.1 Eint größere Anzahl von Punkten oder Quadraten wurden von Burchardt, 2 A. Charpentier 3 und dem Verfasser dieser Arbeit angewendet. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen weichen nicht unwesentlich voneinander ab; das ist begreiflich. denn es braucht kaum erwähnt zu werden, von wie großem Einfluss auf die Resultate derartiger Messungen ein unberechenbarer Faktor ist, die Übung, deren Bedeutung für die Sehschärfe der im gewöhnlichen Leben mehr zum Unterscheiden von Bewegungen als von Formen benutzten Netzhautperipherie zunimmt in dem Masse der Entfernung vom Centrum zur Peripherie.⁵ Eine weitere Ursache für die Verschiedenheit der von den einzelnen Beobachtern erzielten Resultate mag wohl in individuellen anatomischen Verhältnissen, in dem Unterschied in der Dicke und Verteilung der Netzhautelemente zu suchen sein. Sehr wichtig ist endlich die Verschiedenartigkeit der benutzten Prüfungsobjekte, von denen die Buchstabenproben, wenngleich für den praktischen Gebrauch des Augenarztes kaum zu missen, zu exakten Versuchen am wenigsten geeignet sind. Die verschieden leichte Erkennbarkeit der verschiedenen Buchstaben, die Möglichkeit, aus einzelnen Teilen mitunter den Buchstaben zu erraten, sind ja bekannte Nachteile dieser Objekte. Für die diagonalen Meridiane kommt noch dazu, daß schräge Buchstaben schwer erkennbar sind und dass bei horizontaler Stellung die peripheren Grenzen weiter entfernt liegen,6 ein Nachteil, der auch für die sonst recht brauchbaren Snellenschen Haken zutrifft.

Bei meinen eigenen Untersuchungen, welche das Ver-

¹ Landolt und Ito. Handb. d. ges. Augenhikde. III. 1874.

Königshöfer, l. c.

Butz, l. c.

BJERRUM, Bemerkeinger von formindskelse af synsstryken. Nordisk Ophthalm. Tidsskrift 1888.

² Burchardt, Internationale Sehproben zur Bestimmung der Sehschärfe und Sehweite. 1871.

Arch. de Physiol. norm. et pathol. IV. 1877.

⁴ Тн. Wertheim, Über die Zahl der Seheinheiten im mittleren Teile der Netzhaut. Arch. f. Ophthalm. XXXIII. 2. 1887.

⁵ Dobrowolsky und Gaine, l. c.

⁶ HIRSCHBERG, l. c.

hältnis der indirekten Sehschärfe zur direkten in einem möglichst großen Teile des Gesichtsfeldes in möglichst exakter Weise festzustellen bezweckten, habe ich derartige Objekte benutzt, wie sie zuerst Helmholtz, in den letzten Jahren mehrfach Uhthoff mit Erfolg zur Bestimmung des kleinsten wahrnehmbaren Gesichtswinkels verwendet haben, nämlich Gitter von schwarzen Drähten, deren Entfernung voneinander gleich dem Durchmesser der Drähte waren. Solcher Gitter standen mir fünf zur Verfügung, jedes von einer anderen Drahtstärke, und zwar betrug die durch mikrometrische Messung unter dem Mikroskop festgestellte Breite je eines Drahtes und eines Zwischenraumes zusammengenommen

Jedes der kreisrunden, in einen geschwärzten Metallring gefaßten Gitter hatte einen Gesamtdurchmesser von 30 mm, doch wurde nur Gitter V in seiner ganzen Größe als Objekt benutzt, während die übrigen vier Gitter durch vorgesetzte, mit einem kreisrunden Ausschnitt versehene Blenden derartig verkleinert wurden, daß die sichtbaren Flächen der einzelnen Gitter sich zu einander verhielten, wie die Drahtstärken der betreffenden Gitter. Die Notwendigkeit dieser Maßregel wird später erörtert werden. Es betrug also der

Für die Untersuchung der indirekten Sehschärfe schienen im wesentlichen zwei Methoden in Betracht zu kommen. Man kann entweder, wie es die Mehrzahl der Untersucher gethan hat, die Objekte auf einem Perimeterbogen dem Fixierpunkte allmählich



¹ Helmholtz, Physiologische Optik. I. Aufl.

³ Uнтногг, Über die kleinsten wahrnehmbaren Gesichtswinkel in den verschiedenen Teilen des Spektrums. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. I. 3. 1891.

nähern (resp. von ihm entfernen) und so den Winkelabstand von der Gesichtslinie bestimmen, bis zu welchem die Objekte erkannt werden; oder man kann in einem gegebenen Winkelabstande von der Gesichtslinie das Objekt in radiärer Richtung an das Auge heranbewegen (resp. entfernen) und so die lineare Entfernung messen, in welcher die Erkennung des Objektes noch möglich ist. Bei der ersten Methode wird also der Ort in der Netzhaut aufgesucht, welcher eine gewisse gegebene Sehschärfe besitzt, während die letztgenannte Versuchsanordnung es dem Untersucher ermöglicht, an jeder beliebigen, von ihm selbst gewählten Netzhautstelle die Sehschärfe festzustellen, — offenbar ein großer Vorzug dieser zweiten Methode, deren Nachteile nur in gewissen technischen Schwierigkeiten lagen, die bei der Konstruktion des nötigen Apparates zu überwinden waren.

Die Anordnung der Versuche war folgende (s. Figg. 1-3): Ein Schlitten a, der auf einer 2 m langen Bahn b durch Schnurlauf beliebig vorwärts und rückwärts bewegt werden und so dem Auge des Beobachters genähert und von ihm entfernt werden kann, trägt an dem vorderen, dem Beobachter zugekehrten Ende ein kleines zur Aufnahme der Gitter d bestimmtes Gestell c. Den Hintergrund für diese Gitter bildet eine Milchglasscheibe, die einen kreisrunden Ausschnitt in der vorderen Wand eines im übrigen undurchsichtigen, schwarzen Blechkastens e deckt und von einer in diesem Kasten brennenden Gasflamme transparent erleuchtet wird. Es erscheint demnach ein Gitter als eine Reihe von abwechselnd hellen und dunklen geraden Linien, die übrigens, da die Gitter in ihrem Gestell drehbar sind, sowohl in vertikale, als in horizontale, sowie auch in jede andere dazwischengelegene Richtung gebracht werden können.

Die Bahn, auf welcher der mit dem Gitter armierte Schlitten gleitet, ist derartig drehbar aufgehängt, daß sie, oder vielmehr — genauer ausgedrückt — eine ihr parallele, durch die Mitte des Gitters gelegte gerade Linie s jede beliebige, zum Auge des Beobachters radiäre Stellung einnehmen kann. Dies ist durch folgende Anordnung ermöglicht worden. Eine zweimal rechtwinkelig gebogene Eisenschiene f ist um eine feststehende

¹ Hergestellt vom Mechaniker W. Oehmke, Berlin, Dorotheenstr. 35.

vertikale, durch die Mitte ihres Querstückes verlaufende eiserne Achse r drehbar. Mit den nach unten gerichteten freien Enden dieser Schiene sind die nach oben gerichteten Enden einer ähnlich gebogenen Schiene h drehbar verbunden, so daß die untere Schiene gegen die obere um eine horizontale Achse i bewegt werden kann. Auf die Mitte des Querstückes der unteren Schiene ist das vordere Ende der Bahn fest aufgeschraubt. Die genannten beiden Drehungsachsen, die vertikale rg und die horizontale i, schneiden sich im Mittelpunkte der letzteren, und in diesem Durchschnittspunkte, - dem Drehungsmittelpunkte also der Bahn oder vielmehr ihrer Parallelen s — befindet sich das untersuchende Auge, dort in seiner Stellung gesichert durch eine Stütze,1 auf der das Kinn des Beobachters ruht. Der Winkel, den die Bahn mit der Horizontal- und Vertikalebene bildet, ist an zwei Teilkreisen k abzulesen.

Nicht ganz leicht war es, dem Auge einen Fixierpunkt zu schaffen. Bei der von den meisten früheren Beobachtern geübten Methode der Annäherung des Objektes von der Peripherie an das Centrum auf einem Kreisbogen, also in stets gleichem Abstande vom Auge, war der Mittelpunkt des Bogens als Fixierpunkt gegeben. Da aber bei der von mir gewählten Untersuchungsmethode das Beobachtungsobjekt, das Gitter, während des Versuches dem Auge allmählich immer mehr genähert wurde, durfte auch der Fixierpunkt nicht an ein und demselben Platze feststehen, vielmehr mußte, um fehlerhafte Resultate durch mangelhafte Accommodation nach Möglichkeit auszuschließen, seine Entfernung vom Auge stets die gleiche sein, wie die des Gitters. Am einfachsten wäre es gewesen, dem Auge gegenüber eine zweite feste Bahn anzubringen und auf dieser den Fixierpunkt, durch Schnurlauf mit dem Gitter verbunden, sich bewegen zu lassen. Dann wären aber bei der Untersuchung der mittleren Netzhautpartien die beiden Bahnen miteinander in Kollision geraten. Es wurde deshalb die feste Bahn l für den Fixierpunkt - als solcher diente ein kleines Loch in einem von innen erleuchteten Blechkästchen m - seitlich hinter den Beobachter verlegt, so dass also der leuchtende Punkt nicht direkt fixiert werden konnte, sondern das virtuelle Bild des-

12

¹ In der Abbildung fortgelassen.

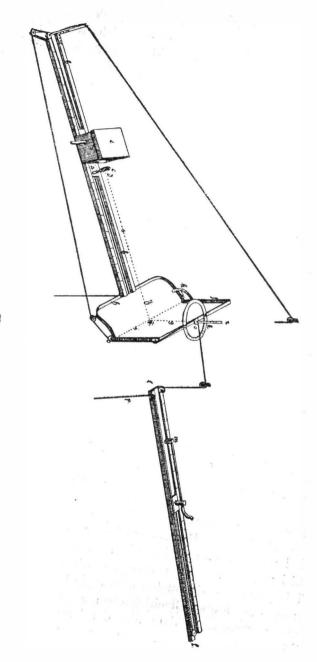
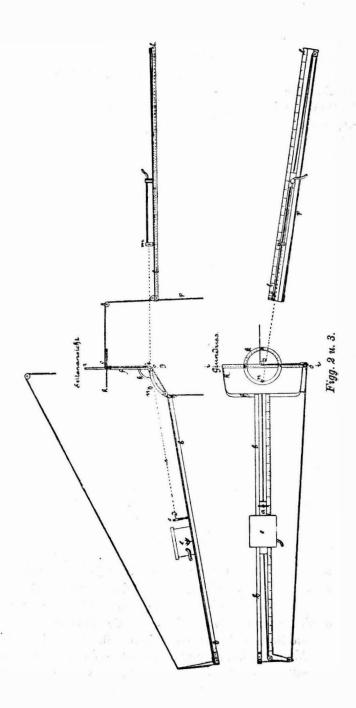


Fig. 1.



selben, welches das Auge in einem feststehenden, kleinen, planen Metallspiegelchen n erblickte. Die beiden Schlitten, der, welcher das Gitter, und der, welcher den Fixierpunkt trägt. sind durch Schnurlauf derartig miteinander verbunden, daß bei der Annäherung des Objektes an das Auge auch der leuchtende Punkt mit gleicher Geschwindigkeit sich dem Spiegel nähert, wobei natürlich, da der Spiegel 10 cm vom Auge entfernt ist, die Entfernung des Fixierpunktes vom Spiegel stets 10 cm weniger betragen muss, als der Abstand des Objektes vom Auge. Soll dies Verhältnis der Entfernungen durch stärkeres oder schwächeres Anspannen des Schnurlaufes bei Stellungsveränderungen der beweglichen Objektbahn nicht berührt werden, so muß die verbindende Schnur auf ihrem Wege von einem Schlitten zum anderen die beiden Drehungsachsen q und i der Objektbahn passieren; sie gleitet daher über zwei auf diesen Achsen sitzende Rollen o. Das Entfernen des Objektes vom Auge erfolgt durch Zurückziehen des Fixierpunktes vermittelst einer Schnur p.

Die Anstellung der einzelnen Versuche wurde im Dunkelzimmer in der Weise vorgenommen, dass das Objekt dem Auge langsam genähert wurde bis zu der Entfernung, in welcher die Richtung der Gitterstäbe eben erkennbar wurde. Diese Entfernung, dividiert durch die Stärke der Gitterstäbe, entspricht der Sehschärfe. Die Bestimmung wurde in den orthogonalen Meridianen in Abständen von 5 zu 5 Graden vorgenommen, in den diagonalen in etwas größeren Abständen; da nämlich der Winkelabstand der Bahn in den diagonalen Meridianen nicht direkt an einem Teilkreise abgelesen werden konnte, wurde die Bahn immer um 5, 10, 15 u. s. w. Grade in horizontaler und um ebensoviele Grade in vertikaler Richtung gedreht. Der Winkelabstand in diagonaler Richtung ergiebt sich dann durch eine einfache Rechnung (7°4'; 14°6' u. s. w., s. die Tabelle). Dabei kamen für die Untersuchung einer jeden Netzhautstelle zwei Gitter zur Verwendung, das feinste und das gröbste, welches an der betreffenden Stelle brauchbar war, und mit jedem dieser Gitter wurden 12 einzelne Bestimmungen gemacht, 3 bei horizontaler Stellung der Gitterstäbe, 3 bei vertikaler und je 3 in den beiden diagonalen Stellungen, so dass also das für jede Stelle gefundene Resultat das Mittel aus 24 Einzelablesungen ist. Mit denselben Gittern wurde auch die centrale

Sehschärfe, natürlich nicht an dem beschriebenen, nur 2 m langen Apparate, sondern in ähnlicher Weise in einem 10 m langen dunklen Korridore gemessen.

Ich habe vorher erwähnt, dass ich von den ursprünglich gleich großen fünf Gittern vier durch vorgesetzte Blenden derartig verkleinert habe, dass die Durchmesser der ganzen Gitter sich zu einander verhielten, wie ihre Drahtstärken. Dadurch wurde erreicht, dass im Momente der Messung alle Gitter dieselbe Größe zu haben schienen. Denn da Gitter V eine etwa sechsmal so große Drahtstärke hat, als Gitter I, also schon in einer sechsmal so großen Entfernung erkannt wird, muß es auch einen sechsmal so großen Durchmesser haben, als Gitter I, um im ganzen eine ebensogroße Netzhautfläche mit seinem Bilde zu bedecken. Diese Massregel könnte überslüssig erscheinen, da, wie man annehmen sollte, die Erkennung der Einzelheiten eines Netzhautbildes, auf die es doch bei der Sehschärfemessung ankommt, nicht von seiner Gesamtgröße abhängt, sondern - abgesehen von der Beleuchtungsintensität allein von dem gegenseitigen Abstande seiner einzelnen Teile, hier also der Gitterstäbe. Dies ist aber, wie das folgende Beispiel zeigt, durchaus nicht der Fall.

Horizontaler Meridian, 15° nasal vom Fixierpunkte Gitter I.

Durchmesser des ganzen Gitters	5	9,5	14,5	19,5	30 mm
Entfernung, in der das Gitter erkannt wird (Durchschnitt aus je 5 Versuchen)	27,6	35,8	43,8	46,2	54,8 cm

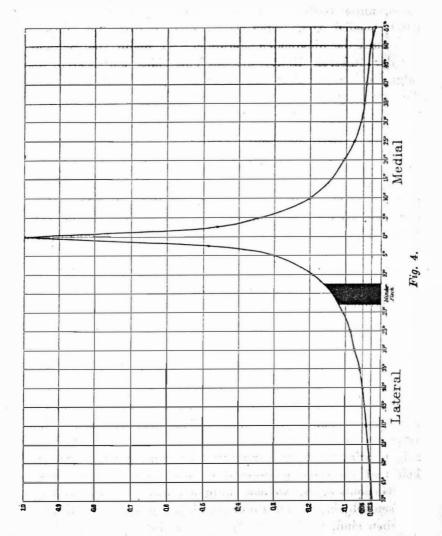
Je größer also das Prüfungsobjekt und damit die Netzhautfläche ist, deren Sehschärfe bestimmt wird, desto größer wird die letztere gefunden. Diese auffallende Thatsache hat, wenn die Gitter in der oben beschriebenen Weise auf relativ gleiche Größe gebracht sind, keine Bedeutung mehr für die vorliegende Untersuchung, deren Ziel ja nicht die Feststellung absoluter Werte war, sondern nur des Verhältnisses der Sehschärfe an verschiedenen Stellen der Netzhaut; doch läßt sie vielleicht den absoluten Wert aller mit Gittern und ähnlichen Objekten früher ausgeführten Messungen illusorisch erscheinen. Ich gedenke später auf diese Erscheinung, mit deren Untersuchung ich noch beschäftigt bin, zurückzukommen.

Das Verhältnis der Sehschärfe an den verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes — die centrale Sehschärfe gleich 1 angenommen — ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Abstand vom Fixier- punkte	lateral	medial	oben	unten	lateral oben	lateral unten	medial oben	medial unten
			1					
20 304	0,476	0,454	0,444	0,277	_	_	_	_
30 324	_	_	_	_	0,335	0,283	0,38	0,27
5°	0,3	0,333	0,277	0,212	_	_	_	_
70 4'	_	_	_	-	0,217	0,178	0,22	0,178
100	0,19	0,2	0,15	0,128	_	_		- '
140 6'	_		_	_	0,115	0,109	0,125	0,109
15°	_	0,143	0,095	0,093		_	_	_
200	0,105	0,1	0,069	0,071	_ 1	_	_	_
210 6	_	_			0,075	0,078	0,079	0,069
25*	0,087	0,074	0,052	0,056	_	_	_	_
27° 59'	_	_	_	_	0,053	0,056	0,055	0,042
300	0,072	0,056	0,039	0,044	_	_		_
340 46'	_	_	, _	_	0,041	0,042	0,042	0,034
350	0,057	0,045	0.031	€,034	_	_	_	_
40°	0,051	0,04	0,023	0,032	_	_	_	_
41° 25′	_	_	_	_	0,032	0,034	0,034	0,026
45°	0,044	0,033	_	_	_	_	-	-
470 51'	-		_	_	0,026	0,029	0,025	_
50°	0,038	0,026	_	_		_		_
54° 4'	-,500		_	_	0,021	0,024	_	_
550	0,033	0,019	_	_		-	~	_
60°	0,031	0,515		_	_	_	_	
65°	0,031		_			_		_
70°	0,023				_			
	0,023	_		_	_	_	_	

Besser als durch diese tabellarische Zusammenstellung wird dies Verhältnis durch die beigegebenen Kurven illustriert. Die erste derselben (Fig. 4) giebt die Sehschärfe im horizontalen Meridian meines linken Auges in der Weise wieder, daß die Abscissenachse einen Horinzontalschnitt in der Höhe der Netzhautgrube darstellt, auf welcher die gefundenen Sehschärfen als Ordinaten aufgetragen sind. Die Wiedergabe der drei anderen Kurven, für den vertikalen und die beiden diagonalen

Meridiane, konnte unterbleiben, da alle vier im wesentlichen sich gleichen: in der zuerst äußerst schnellen, allmählich immer langsamer werdenden Abnahme der Sehschärfe vom Centrum nach der Peripherie hin, und da die Verschiedenheit dieser



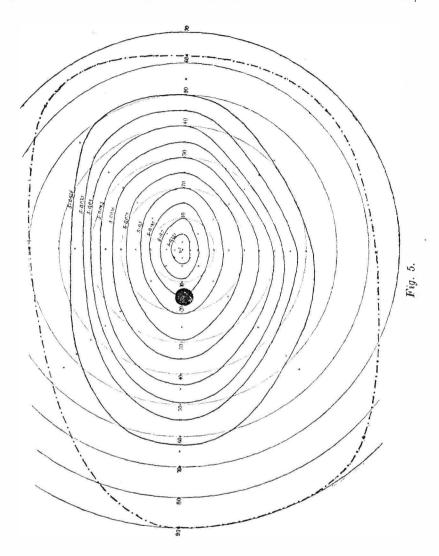
Kurven nur in der bei der einen größeren, bei der anderen geringeren Steilheit ihres Abfalles liegt. Im allgemeinen hat die Kurve den steilsten Verlauf, welche die Sehschärfe in der oberen Hälfte des vertikalen Meridianes darstellt. Die Sehschärfe nimmt also nach oben am schnellsten ab; etwas weniger

schnell nach unten; noch langsamer nach der medialen Seite; am langsamsten endlich lateralwärts. Beispielsweise ist, wenn man die centrale Sehschärfe gleich 1 setzt, die Sehschärfe in einem Abstande von 30° vom Fixierpunkte lateral 0,072, medial 0,056, unten 0,044, oben 0,039. Bei 40° ergiebt sich lateral 0,051, medial 0,04, unten 0,032, oben 0,023. Berücksichtigt man auch die diagonalen Meridiane, so bleibt die Sehschärfe auf der äußeren Hälfte des Gesichtsfeldes am besten; dann folgt die innere Seite; nur sehr geringe Unterschiede weisen die nun folgenden Meridiane außen unten. innen oben und außen oben auf; es folgt der untere Meridian, dann der nach innen unten, und am schlechtesten bleibt die Sehschärfe nach oben. Die Thatsache, dass die äußeren Teile des Gesichtsfeldes am besten, am schlechtesten die oberen Teile versorgt seien, wird auch von fast allen früheren Untersuchern angegeben, während über die anderen Meridiane die Ergebnisse der einzelnen Forscher von einander abweichen. Von der genannten Reihenfolge machen indessen die centralen Netzhautpartien insofern eine Ausnahme, als, je mehr man sich dem Centrum nähert, um so geringer der Unterschied zwischen der Sehschärfe lateral und medial einerseits, der Sehschärfe oben und unten andererseits wird, und in einem kleinen, nach jeder Seite hin etwa 150 weit reichenden Gebiete ist die Sehschärfe medial und lateral fast gleich, eben nicht unwesentlich besser als unten.

Die Verteilung der Sehschärfe im Gesichtsfelde wird am deutlichsten, wenn man die Punkte gleicher Sehschärfe miteinander durch Kurven verbindet. Diese von Hirschberg einmal mit dem später von ihm selbst aufgegebenen¹ Namen Isopteren bezeichneten Kurven gleicher excentrischer Sehschärfe zeigen, wie aus Figur 5 ersichtlich ist, eine große Regelmäßigkeit und verlaufen annähernd parallel den äußeren Grenzen des Gesichtsfeldes, welche, aufgenommen mit einem 1 □ cm großen Objekt, in der Figur durch die gestrichelte Kurve angegeben sind. Die zehn Kurven verbinden die Punkte mit folgenden Sehschärfen (von innen nach außen aufgezählt): 0,333, 0,2, 0,143, 0,1, 0,074, 0,056, 0,045, 0,04, 0,033, 0,026. Es entsprechen diese Zahlen den auf der medialen Seite von

¹ Hirschberg, Wörterbuch der Augenheilkunde. Leipzig 1887.

5 zu 5 Graden gefundenen Werten. Die große Regelmäßigkeit der Kurven legt nahe, eine bestimmte Formel für das Verhältnis der indirekten zur centralen Sehschärfe aufzusuchen,



und in der That haben frühere Beobachter dies versucht. Doch ist nach meinen eigenen Untersuchungen nur der Schluß gerechtfertigt, dass die indirekte Sehschärfe an irgend einem Punkte des Gesichtsfeldes in einem gewissen umgekehrten Verhältnisse steht zur Entfernung dieses Punktes vom Fixier-

punkte und, wie die Parallelität der äußeren Kurven mit der Gesichtsfeldgrenze lehrt, — abgesehen von dem centralen Gebiete — in einem gewissen geraden Verhältnisse zur Weite des Gesichtsfeldes in dem untersuchten Meridiane.

Die Regelmäßigkeit und der Verlauf der Kurven scheinen darauf hinzudeuten, dass die allmähliche Verschlechterung der Sehschärfe vom Centrum nach der Peripherie hin ihre Ursache in anatomischen und funktionellen Verhältnissen der Netzhaut findet: in der Verteilung der Netzhautelemente und in ihrer Verwertung als Sehelemente. Wären die veränderten optischen Verhältnisse oder die mangelnde Übung, welche von manchen Autoren angeführt werden, die Ursache, so wäre nicht recht einzusehen, warum die Kurven nicht koncentrische Kreise darstellen, da diese Ursachen doch nach allen Seiten hin gleichmäßig wirken. Sie sind daher teils unwesentlich, teils kommen sie nach meinen Erfahrungen gar nicht in Betracht. Wenigstens vermochte ich weder durch Vorsetzen stenopäischer Diaphragmen vor das Auge - es kamen solche von 2,5, 4 und 6 mm Weite zur Verwendung - meine indirekte Sehschärfe zu verbessern, noch konnte ich bei Benutzung von konvexen Korrektionslinsen mich von der von Albini¹ behaupteten Abnahme der Refraktion noch der Peripherie hin überzeugen, noch auch gelang es mir, durch den Versuch mit den in verschiedene Richtung gebrachten Gitterstäben die astigmatische Brechung bei schiefer Incidenz der Strahlen nachzuweisen, welche freilich von HERMANN² durch Rechnung festgestellt ist und auch von MATTHIESSEN³ angenommen wird.

Nicht zu unterschätzen ist allerdings der Einflus der Übung. Deshalb habe ich auch davon absehen zu müssen geglaubt, die indirekte Sehschärfe einer größeren Anzahl anderer, ungeübter Individuen zu messen, und auf mein eigenes Auge mich beschränkt, welches — früher schon durch ähnliche Versuche geübt — nach einer mehrwöchentlichen erneuten Übung

¹ E. Albini, Della visione indiretta della forme e dei colori. *Giornale della R. Accad. di Medic.* 1886.

³ Hermann, Über Brechung bei schiefer Incidenz, mit besonderer Berücksichtigung des Auges. Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. 1878.

MATTHIESSEN, Über die radiäre Ausdehnung des Sehfeldes und die Allometropie des. Auges bei indirektem Sehen. Arch. f. Ophthalm. XXX. 1884.

zu einem Maximum der Geübtheit gelangt war, so das im Laufe der folgenden, den exakten Messungen gewidmeten Monate keine Veränderung in den Resultaten mehr eintrat. Erst wenn dies Maximum erreicht und somit der Faktor der Übung ganz ausgeschaltet ist, haben derartige messende Versuche einen Wert. Daher kann für die Praxis des Augenarztes, der doch fast immer mit ungeübten Personen zu thun hat, die Messung der indirekten Sehschärfe, so wertvoll sie für die Physiologie der Netzhaut ist, kaum eine Bedeutung haben.¹

Herrn Professor Arthur König bin ich für die Anregung zu dieser Untersuchung und für seine freundliche Unterstützung zu besonderem Danke verpflichtet.

¹ Ob die von Groenouw als diagnostisches Hülfsmittel empfohlene Prüfung der Punktsehschärfe (Arch. f. Augenhik. Bd. XVI. 1893) den praktischen Bedürfnissen genügt, vermag ich aus eigener Erfahrung nicht zu sagen, da ich bei dem schon vor mehr als Jahresfrist erfolgten Abschluß meiner Untersuchung Groenouws Arbeit noch nicht gekannt und seine Versuche daher nicht wiederholt habe.