



Health Sciences & Human Services Library

Rapid



TRANSACTION #: 320990

<p>Borrower: RAPID:KKS</p> <p>Lending String:</p> <p>Type: RAPID</p> <p>Patron:</p> <p>Journal Title: Ophthalmologica</p> <p>Volume:</p> <p>Issue: 109</p> <p>Month/Year: 1945</p> <p>Pages: 57-70</p> <p>Article Author: Goldmann H.</p> <p>Article Title: Grundlagen exakter Perimetrie</p>	<p>Service Level:</p> <p>Delivery Method: Odyssey PDF ODYSSEY ENABLED</p> <p>Maxcost:</p> <p>NOTES:</p> <p>Shipping Address: Kansas State University, Hale Library 137 HALE LIBRARY MANHATTAN, KS 66506-1200 US</p> <p>Fax:</p> <p>Ariel:</p> <p>Email:</p> <p>Phone:</p> <p>Billing Address:</p>
--	---

This is not an invoice or bill. Do not pay until you receive our monthly invoice.

DATE RECEIVED:	10/2/2015
NEED BY:	
DATE FILLED:	10/2/2015
COST:	

Health Sciences & Human Services Library
University of Maryland Baltimore
601 W. Lombard Street
Baltimore, MD 21201

You may direct Questions and comments to rs@hshsl.umaryland.edu or call us at 410-706-3239.

The copyright law of the United States (Title 17, United States Code) governs the making of photocopies or other reproductions of copyrighted material. Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specified conditions is that the photocopy or reproduction is not to be 'used for any purpose other than private study, scholarship, or research.' If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of 'fair use,' that user may be liable for copyright infringement. This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law.

(Aus der Universitäts-Augenklinik Bern [Direktor: Prof. Dr. H. Goldmann].)

Grundlagen exakter Perimetrie*.

Von HANS GOLDMANN.

Herrn Prof. A. Siegrist zum 80. Geburtstag.

Wenn man von Bedingungen *exakter* Perimetrie spricht, kann man nur exakte relative Perimetrie meinen, denn um absolute Gesichtsfeldgrenzen festzustellen, braucht es außer genügend großen Objekten nur noch die Sicherung des Abstandes zwischen Prüfling und Prüffeld. Spricht man von relativer Perimetrie, so muß man sofort zwei Arten unterscheiden: die Schwarz-Weiß- oder Lichtsinnsperimetrie und die Farbenperimetrie. Die Lichtsinnsperimetrie hat in der letzten Zeit sehr viel begeisterte Anhänger gefunden, und man hat ihr nachgerühmt, daß sie imstande sei, die Farbenperimetrie vollkommen zu verdrängen. Die folgenden Untersuchungen werden sich vor allem auf die Lichtsinnsperimetrie beziehen. Sie haben zugleich ein exaktes Perimeter zur Voraussetzung und zum Ziel. Das Instrument wird später geschildert (S. 71). Es sei jetzt nur gesagt, daß es eine gleichmäßige und beliebig variable Grundhelligkeit und exakt festlegbare Objektgrößen und -helligkeiten liefert, ohne irgendwelche psychologisch wirksamen Nebenobjekte, wie Stangen usw.

Die grundlegenden Untersuchungen über Perimetrie stammen von *Ferree* und *Rand* und ihrer Schule (1). *Rönne* (2) hat durch Schaffung des Isopterenbegriffes wesentliche Beiträge geleistet. Gegen die Prinzipien von *Ferree* und *Rand* wird beständig in erstaunlichem Maße gesündigt, und deshalb erlaube ich mir, die wichtigsten Prinzipien, die ich selbst auch nachgeprüft habe, im Zusammenhang kurz zu wiederholen, während ich neuen eigenen Ergebnissen etwas mehr Raum gebe.

Lichtsinnsperimetrie ist Feststellung einer Unterschiedschwelle, wobei man nicht zu einem gegebenen Ort der Netzhaut

* Diese Arbeit war ursprünglich als Vortrag an der Schweiz. Ophthalmologentagung 1944 gedacht, die wegen der Zeitverhältnisse auf unbestimmte Zeit verschoben wurde. Deshalb die gedrängte Kürze der Darstellung. Ueber Einzelprobleme, die hier nur kurz behandelt werden, erfolgen demnächst ausführliche Mitteilungen.

die Unterschiedsschwelle sucht, sondern zu einer gegebenen Unterschiedsschwelle die Netzhautpartie, für die sie eben merkbar wird. Dabei sollte sinngemäß die Empfindlichkeit jedes Netzhautortes erstens durch $\Delta I/I$, d. h. Quotient aus Fleckhelligkeit minus Grundhelligkeit zu Grundhelligkeit, sowie zweitens durch die Flächengröße des Reizobjektes definiert werden.

Die Vorbelichtung wirkt auf die Größe des Gesichtsfeldes (*Ferree* und *Rand*). Erst nach 20 Minuten wird die höchste Unterschiedsempfindlichkeit erreicht. Praktisch ist allerdings schon nach 10 Minuten der Unterschied gegenüber dem Endzustand kaum mehr merklich. Beispiel siehe Fig. 1.

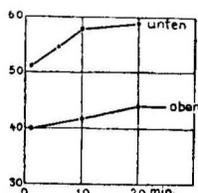


Abb. 1. Fr. B. E. nach 20 Min. Voradaptation im sonnigen Freien, 17 Uhr. Grundbeleuchtung 15 asb, Objekt 0,275 mm², $\Delta I/I = 23/1$. Abszisse: Zeit in Minuten nach Uebergang von Sonnenbeleuchtung zu 15 asb. Ordinate: Gesichtsfeldgrenze in Graden.

Hält man das *Verhältnis* $\Delta I/I$ konstant, ändert aber die absoluten Größen der beiden Faktoren z. B. um das 28fache (Tab. I), so wird dadurch die gleiche Aenderung der Gesichtsfeldgröße bewirkt, wie wenn man das Verhältnis von Objektleuchtdichte zur Grundleuchtdichte, also $\Delta I/I$ nur um 45% ändert. Hingegen ist schon eine Aenderung von $\Delta I/I$ um 20% gut merkbar. Daraus folgt, daß die Größe des relativen Gesichtsfeldes gegen Aenderungen von $\Delta I/I$ sehr, gegen Aenderungen der absoluten Größe von ΔI und I bei gleichbleibendem Verhältnis hingegen wenig empfindlich ist¹.

TAB. I.

Abhängigkeit der Größe des relativen Gesichtsfeldes von der Leuchtdichte. Angabe der Aenderung in % des Gesichtsfeldes bei höchster Leuchtdichte. Objektgröße: 0,275 mm².

A. Bei konstantem $\Delta I/I$.

Grundleuchtdichte:	$\Delta I/I$	48		12		1,7 Asb	
		Fr. Al.	Dr. B.	Fr. Al.	Dr. B.	Fr. Al.	Dr. B.
	23 : 1	0	0	- 5,8	- 5,3	- 9,3	- 9,5
	8,1 : 1	—	0	—	- 7,1	—	-15,6
	3,1 : 1	0	0	-14,6	-13,4	-22,7	-26,9
	1,15 : 1	0	0	-22,0	-23,5	-51,5	-47,5

¹ Eine Aenderung der Grundleuchtdichte von 40 auf 200 asb hat bei konstantem $\Delta I/I$ kaum mehr einen Einfluß auf die Gesichtsfeldgrößen.

B. Bei konstanter Grundbeleuchtung (48 asb) und Herabsetzung von $\Delta I/I$ um 45%. Angabe der Aenderung wie oben.

$\Delta I/I$		Frl. Al.	Dr. B.
23 : 1	} $\times 0,55$	— 9,9	— 8,5
3,1 : 1		—23,00	
1,15 : 1		—54,6	—47,5

Vergleich:

$\Delta I/I$ konstant, aber Abnahme der Leuchtdichte um das 28fache von 48 asb auf 1,7 asb.

$\Delta I/I$		Frl. Al.	Dr. B.
23 : 1		— 9,3	— 9,5
3,1 : 1		—22,7	
1,15 : 1		—51,5	—47,5

Bewegt man das Objekt mit verschiedener Geschwindigkeit in das Gesichtsfeld herein, so ergibt sich, daß eine optimale Geschwindigkeit existiert, etwa 10 Grad in zwei Sekunden, bei der man nicht nur das größte Gesichtsfeld, sondern auch die geringste Schwankungsbreite der Ablesung bekommt (Tab. II). Ziemlich erhebliche Aenderungen der Bewegungsgeschwindigkeit um dieses Optimum machen nur eine geringe Aenderung der Gesichtsfeldgröße.

TAB. II.

Einfluß der Bewegungsgeschwindigkeit auf die Lage der relativen Grenze (temporal) und der relativen Fehler der Einstellung (Obj. 0,275 mm² $\Delta I/I = 23/1$).

Geschwindigkeit in Grad/sec.	H. P.		Frl. B. E.	
	M *	σ **	M	σ
3	64	$\pm 3,9$		
4	—	—	62,0	$\pm 1,8^0$
5	—	—	62,5	$\pm 2,2^0$
6,6	68	$\pm 0,94$	—	—
10	61	$\pm 3,6$	61	$\pm 5,4^0$
14				

* Mittelwert in Graden.

** Streuung in Graden.

Abstandsänderungen des Auges von der Perimeterfläche, wenn diese eine Kugel ist, machen sich bis 5% (d. h. 1½ cm auf 30 cm) kaum bemerkbar (Tab. III).

Die bisher gesagten Dinge sind wichtig für die Anforderungen, die man an ein Perimeter und die Untersuchung am Perimeter stellen muß. Ich komme darauf bei der Beschreibung des Perimeters zurück.

TAB. III.

Abhängigkeit der Gesichtsfeldgröße von der Entfernung Prüffläche—Prüfling.

Objektgröße 0,275 mm ² $\Delta I/I$	Relative Veränderung des Gesichtsfeldes in % bei Abstandsvergrößerung um 5% = 1,5 cm.	
	Dr. B.	H. P.
23/1	+ 0,3%	+ 1,4%
8,5/1	+ 0,3%	+ 0,9%
3,1/1	— 8,6%	+ 2,4%
1,15/1	— 9,0%	+ 0,4%

Nach diesen Präliminarien wollen wir dazu übergehen, uns mit einem zentralen Problem der Perimetrie zu beschäftigen, das ich zunächst einmal klarmachen möchte. Gegeben sei ein kleines Objekt von definiertem Kontrast gegenüber der Perimeterfläche ($\Delta I/I$), z. B. ein Objekt von 0,275 mm² Größe bei 300 mm Abstand und $\Delta I/I = 23/1$. Durch Aenderung der *Fleckhelligkeit* allein können wir verschieden große relative Gesichtsfelder erzeugen. Diese Gesichtsfelder haben zueinander eine klare, quantitativ ausdrückbare Beziehung. Verhalte sich die höchste Intensität zur schwächsten wie 20 : 1. Mit der schwächsten Intensität werde das Objekt vom Normalen gerade 20° nasal vom Fixierpunkt erkannt. In einem pathologischen Falle werde am gleichen Ort nur ein Objekt von voller Leuchtdichte wahrgenommen, die 20mal größer ist. Dann ist die Empfindlichkeit dieses Ortes offenbar auf 1/20 gesunken (besser: durch die Zahl 1/20 charakterisiert). Wollen wir bei diesem Fall wissen, wie die Empfindlichkeit 50° nasal vom Fixierpunkt ist, so können wir sie mit unserem 0,275 mm²-Objekt nicht mehr bestimmen, weil wir über keine genügend hohe Intensität des Objektes verfügen. Wir müssen ein *größeres* Objekt wählen. Und nun sind wir bei der Kernfrage angelangt: *Gibt es eine Gesetzmäßigkeit, welche uns gestattet, die Reizwirkung verschieden großer Objekte in einem einzigen Maßsystem zusammenzufassen?* Die Isopteren von Rönne liefern ein solches Maßsystem nicht. Man kann mit Hilfe der Isopteren nur ausdrücken, daß eine mehr oder weniger große Einengung der Isopteren vorhanden ist. Was diese Einengung *quantitativ* bedeutet, ist unbekannt.

Ich habe nun für Objekte von der Flächengröße 0,275, 1,1, 4,4 und 17,6 mm², die sich also zueinander wie 1 : 4 : 16 : 64 verhalten, die geschilderte Fragestellung untersucht und eine Gesetz-

mäßigkeit gefunden, unter der Voraussetzung, daß das σ der Untersuchungen für 70° Exzentrizität $\leq 1,7\%$ ($\pm 1,4^\circ$)
für 25° Exzentrizität $\cong 3\%$ ($\pm 0,8^\circ$) ist.

Die Intensitätsveränderungen wurden diskontinuierlich durch Filter aus einem Satz vorgenommen, der Abstufungen von 10 zu 10% gestattet. Leuchtdichtenänderungen um $\pm 5\%$ stellen die Genauigkeit der Methode dar, d. h. Leuchtdichtenwerte, die 10% voneinander abweichen, sind, wenn man mehrere Punkte eines Gesichtsfeldes untersucht, sicher zu unterscheiden.

Es zeigt sich folgende Gesetzmäßigkeit: Geht man vom 0,275-mm²- auf das 1,1-mm²-Objekt, also auf ein 4mal größeres Objekt über, so muß man die Intensität auf 0,31 (v in Tab. IV) herabsetzen, um bei der Genauigkeit der vorliegenden Untersuchungsmethodik die gleichen Gesichtsfelder zu bekommen wie mit dem 0,275-mm²-Objekt. Wenn man also das größte relative Gesichtsfeld, das man mit dem 0,275-mm²-Objekt und $\Delta I/I = 23/1$ bekam, mit dem 1,1-mm²-Objekt bekommen will, so muß man $\Delta I/I = 23 \times 0,31/1$ wählen. Will man das Gesichtsfeld erhalten, das bei 0,275 mm² Objektgröße durch die $\Delta I/I = 1,15/1$ charakterisiert war, so muß man für ein Objekt von 1,1 mm² Fläche $\Delta I/I = 1,15 \times 0,31/1$ wählen. Das gleiche gilt für die dazwischenliegenden Gesichtsfelder. Nimmt man ein 4,4 mm² großes Objekt, so sollte man theoretisch erwarten, daß nun die Fläche 1/16 der Intensität haben müßte, welche das 0,275-mm²-Objekt hatte; aber statt 1/16 finden wir nun 1/10 im Mittel aus 11 Personen (x in Tab. IV). Die Intensität des 4,4-mm²-Objektes muß also größer sein als der Reziprokwert der Flächenzunahme, und das wird noch deutlicher für das 17,6-mm²-Objekt, bei dem die Intensität statt 1/64 1/30 sein muß (y in Tab. IV), wobei die Werte, die man bei den verschiedenen Individuen erhält, zwischen 1/33 und 1/26 schwanken. Das bedeutet nichts anderes, als daß wohl über gewisse kleine Flächen Reizsummation stattfindet; aber diese Reizsummation ist unvollständig, und zwar um so kleiner, je größer das Reizfeld wird.

Wir wollen die Zahlen v , x , y «Filterzahlen» (Φ) nennen, weil sie die Durchlässigkeit der Filter angeben, durch die wir die Leuchtdichten des Ausgangsobjektes (in unserem Falle 0,275 mm²) herabsetzen müssen, um mit einer andern Objektgröße gleich ausgedehnte Gesichtsfelder zu erhalten. Dividiert man den Reziprokwert der Filterzahl durch die Zahl, die angibt, um wieviel das

zu ihr gehörige Objekt größer ist als das Ausgangsobjekt, also in unserem Falle $1/v$ mit 4, $1/x$ mit 16, $1/y$ mit 64, so erhält man V , X , Y , die ich «Summationszahlen» nennen möchte, weil sie über die Güte der Summation Aufschluß geben: Summationszahl 1 bedeutet volle Summation.

TAB. IV.

Versuchsperson	Alter	Φ		
		v	x	y
Rösli S.	41	0,29	0,1	0,033
Marcelle B.	21	0,32	0,1	0,039
Franz L.	36	0,32	0,09	0,03
Stanislav K.	39	0,32	0,107	0,037
Georges G.	30	0,32	0,1	0,03
Emmy W.	29	0,32	0,1	0,03
Franz D.	31	0,31	0,1	0,032
Hans I.	67	0,32	0,107	0,036
Beatrix E.	23	0,29	0,09	0,032
Kathi W.	13	0,32	0,1	0,039
Elisabeth R.	31	0,29	0,1	0,03
Mittel gefunden:		$0,31 \pm 0,0044$	$0,1 \pm 0,002$	$0,033$ $\pm 0,003$
berechnet aus $\Phi = \left(\frac{F_0}{F}\right)^k$ für $k = 0,84$		0,314	0,098	0,0306
		$V = 3,2/4$ $= 0,8$	$X = 1/16$ $= 0,69$	$Y = 30/64$ $= 0,47$

Die Ergebnisse lassen sich noch prägnanter in einer einzigen Gleichung zusammenfassen: Sei F_0 die Flächengröße des Ausgangsreizes (in unserem Falle also $0,275 \text{ mm}^2$) und Φ die Durchlässigkeit oder die «Filterzahl» des Filters, das benötigt wird, um mit F gleich große Gesichtsfelder zu erhalten wie mit F_0 , so gilt sehr angenähert $\Phi = \left(\frac{F_0}{F}\right)^k$. Darin ist k gleich 1 für volle Summation und kleiner als 1 für unvollständige Summation. In unserem Falle genügt am besten $k = 0,84$ der Gleichung. Ich nenne k den «Summationsexponenten».

Diese Gleichung bedeutet nun nichts anderes, als daß bei Zunahme der Flächengröße in geometrischer Reihe die Filterdurchlässigkeit in einer anderen, aber ebenfalls geometrischen Reihe abnehmen muß, damit man mit verschiedenen großen Objekten gleiche Gesichtsfelder erhalte. In unserem Fall nahm die Flächengröße in der Reihe $0,275$, $0,275 \times 4$, $0,275 \times 4^2$ und $0,275 \times 4^3$ zu,

und die Filterdurchlässigkeit mußte sehr angenähert in der Reihe 1, 0,32, (0,32)², (0,32)³ abnehmen. Diese Form der Gesetzmäßigkeit wird uns später noch einmal beschäftigen.

Der nächste Punkt, zu dem wir übergehen müssen, ist die Frage, in welchen Grenzen die bisher mitgeteilte Gesetzmäßigkeit gilt. Bemerkte sei zunächst, daß ich nur 5 Isopteren untersuchte, charakterisiert durch folgende $\Delta I/I$ -Zahlen für die Objektgröße 0,275 mm²: 23/1; 8,5/1; 3,1/1; 1,15/1; 0,7/1. Beim Uebergang von 0,275 auf 1,1 mm² Objektgröße gilt die Gesetzmäßigkeit sicher für alle $\Delta I/I$ herab bis 0,7/1, d. h. von der äußersten Peripherie bis etwa 5° an den Fixierpunkt heran; bei 4,4 mm² Objektgröße für einige Personen bis $\Delta I/I = 0,7/1$, für die übrigen sicher bis $\Delta I/I = 1,15/1$, d. h. bis etwa 15—25° an den Fixierpunkt heran (siehe Tab. V); für 17,6 mm² hingegen fand ich bei den bisher Untersuchten die Gesetzmäßigkeit nur sicher gültig für $\Delta I/I \leq 3,1/1$, d. h. bis zu einem Gesichtsfeld, das temporal bis etwa 45°, nasal bis etwa 30° reicht². Innerhalb dieses Gebietes, d. h. bei der nächstschwächeren Stufe (1,15/1), gilt diese Gesetzmäßigkeit nicht mehr. Für ein 70,4-mm²-Objekt konnte ich überhaupt keine für mehrere Gesichtsfeldgrößen gültige Gesetzmäßigkeit finden.

Warum gelten die angegebenen Summationsphänomene, um die es sich ja handelt, nur in um so periphereren Gebieten des Gesichtsfeldes, je größer das Objekt ist? Es läßt sich zeigen (an 7 Personen untersucht), daß dies mit der peripheren Sehschärfe etwas zu tun hat. Bietet man zwei winzige Objekte³, deren gegenseitiger Abstand gerade so viel beträgt wie der Durchmesser des untersuchten Objektes, unter solchen Kontrastbedingungen dar, daß sie ungefähr in der Gegend wahrgenommen werden, die der betrachteten Gesichtsfeldgröße entspricht, so wird im allgemeinen zuerst nur *ein* Fleck gesehen, und erst wenn das Doppelobjekt dem Fixierpunkt weiter genähert wird, werden zwei Objekte erkannt. Innerhalb der Gegenden, wo die oben beschriebene Gesetzmäßigkeit *nicht* mehr gilt, werden *sofort* zwei Objekte gesehen (Fig. 2). Das bedeutet, daß in diesen Gebieten der Reizstrom bei Ueberschreitung einer gewissen Reizflächengröße nicht mehr einer einzigen zentripetalen Leitung zugeführt wird, son-

² Die Gesichtsfeldgrenzen für 10 Personen zwischen 20 und 30 Jahren für Objekt 0,275 mm², Grundleuchtdichte 15 asb und den verschiedenen angewandten Kontrasten, siehe Tab. V.

³ Praktisch wurden Objekte von 0,275 mm² Flächengröße benützt.

dem auf mehreren Wegen dem Zentralnervensystem zufließt; von nun an kommt eine Vergrößerung der Reizfläche immer mehr der Formwahrnehmung und weniger der Erregungszunahme zugute.

Weiterhin läßt sich zeigen, daß die erwähnte gesetzmäßige Beziehung zwischen verschiedenen großen Objekten über ein Gebiet der Helladaptation zwischen Objekthelligkeiten von über 1000 asb bis herunter von solchen von einigen asb Gültigkeit hat. Unter 1 asb, also für Dunkeladaptation, gelten andere Summationsfaktoren.

TAB. V.

$\Delta I/I$		temporal		nasal		temporal		nasal	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten
23/1	M	78°	52,5°	41°	58°	53°	70°	45,5°	51,5°
	σ	$\pm 2,6^{\circ}$	$\pm 1,1^{\circ}$	$\pm 3,1^{\circ}$	$\pm 1,9^{\circ}$	$\pm 4,5^{\circ}$	$\pm 3,0^{\circ}$	$\pm 4,1^{\circ}$	$\pm 3,5^{\circ}$
8,5/1	M	64°	42°	31°	43°	41°	55°	36°	40°
	σ	$\pm 3,9^{\circ}$	$\pm 2,7^{\circ}$	$\pm 2,7^{\circ}$	$\pm 3,8^{\circ}$	$\pm 3,4^{\circ}$	$\pm 4,66^{\circ}$	$\pm 2,66^{\circ}$	$\pm 2,8^{\circ}$
3,1	M	46,5°	29°	21°	28°	27°	36,5°	24°	26,5°
	σ	$\pm 4,3^{\circ}$	$\pm 4^{\circ}$	$\pm 1,3^{\circ}$	$\pm 3,2^{\circ}$	$\pm 3,4^{\circ}$	$\pm 2,6^{\circ}$	$\pm 2,9^{\circ}$	$\pm 3,9^{\circ}$
1,15/1	M	25,5°	14°	9°	10,2°	10,5°	12,5°	10,0°	12,0°
	σ	$\pm 3,5^{\circ}$	$\pm 1,85^{\circ}$	$\pm 1,3^{\circ}$	$\pm 2,0^{\circ}$	$\pm 1,7^{\circ}$	$\pm 3,0^{\circ}$	$\pm 2,3^{\circ}$	$\pm 2,3^{\circ}$

Ich fasse zusammen, was diese Untersuchungen ergeben haben. *Es besteht beim Normalen innerhalb genau angebbaren Grenzen eine Gesetzmäßigkeit, die gestattet, Gesichtsfelder, die mit verschiedenen großen Objekten erhalten werden, aufeinander zahlenmäßig zu beziehen.* Damit ist die Grundlage geschaffen, innerhalb eines Gebietes von etwa $2\frac{1}{4}$ Zehnerpotenzen an jeder Stelle der Netzhaut zahlenmäßig quantitative und aufeinander beziehbare Angaben über ihre Unterschiedsempfindlichkeit zu machen, Angaben, wie wir sie in Form der Sehschärfe für die Netzhautmitte machen.

Ein Diagramm (Fig. 3), aus dem man die Unterschiedsempfindlichkeit jeder Netzhautstelle des horizontalen Meridians ablesen kann, wenn man ein Gesichtsfeld mit drei Filtern aufgenommen hat, wird hier wiedergegeben: Es gilt für eine Grundleuchtdichte von 15 asb, einen maximalen Kontrast $\Delta I/I = 23/1$ und ist aus den Mittelwerten von 10 Personen zwischen 20 und 30 Jahren der Tab. V und den Summationszahlen v, x, y der Tab. IV gewonnen. (Nähere Erläuterungen siehe Text zu Fig. 3.) Tab. VI zeigt die Mittelwerte von 6 normalen Personen zwischen 60 und

70 Jahren. Man sieht, daß die periphere Empfindlichkeit dieser Altersklasse durchschnittlich die Hälfte der Empfindlichkeit der 20—30jährigen beträgt.

TAB. VI.
15 asb 60—70 Jahre.

$\Delta I/I$	temporal		nasal		temporal		nasal	
	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten
23/1	67	45	37,5	51,5	48	60	41	41
8,5/1	52	30	24	35	34	42	26	31
3,1	27	20	12	16	16	19	14	18
1,15/1	8,0	9,0	5,0	6,5	5,5	6,5	6	7

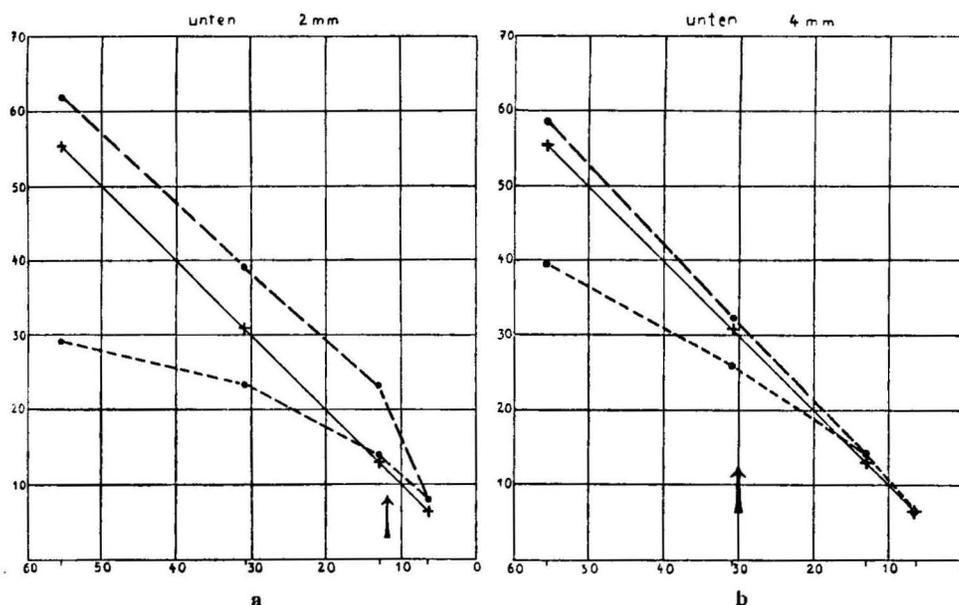


Abb. 2. Fr. S. Al. Periphere Sehschärfe und Summation. Abszisse: Ort der Schwelle des Objektes $0,275 \text{ mm}^2$ (bei $\Delta I/I$: 23/1, 8,5/1, 1,3/1 und 0,7/1 bestimmt). Untersucher Meridian: 270° . Grundleuchtdichte: 15 asb. Ordinate: Ort, an dem 2 Objekte von $0,275 \text{ mm}^2$ Größe 1. überhaupt wahrgenommen werden — — — —, 2. als 2 eben erkannt werden — — — —. $\Delta I/I$ wie für das einfache Objekt. Ausgezogene Linie: jeweiliger Schwellenort des einfachen Objektes (aus der Anlage des Diagramms notwendigerweise eine Gerade von 45° Neigung). Der Pfeil bezeichnet das letzte Gesichtsfeld, bei dem noch (von der Peripherie gerechnet) die im Text geschilderten Summationsbeziehungen gelten. — Abb. a) Gegenseitiger Abstand: 2,8 mm (entsprechend der queren Achse des Objektes $14,4 \text{ mm}^2$). Abb. b) Gegenseitiger Abstand der beiden Objekte: 5,2 mm (entsprechend der queren Achse des Objektes $17,6 \text{ mm}^2$). Die Objekte wurden senkrecht zu dieser Achse bewegt. Man sieht: Beim nächstschwächeren Kontrast nach dem Pfeil wird das Doppelobjekt sofort «doppelt» gesehen.

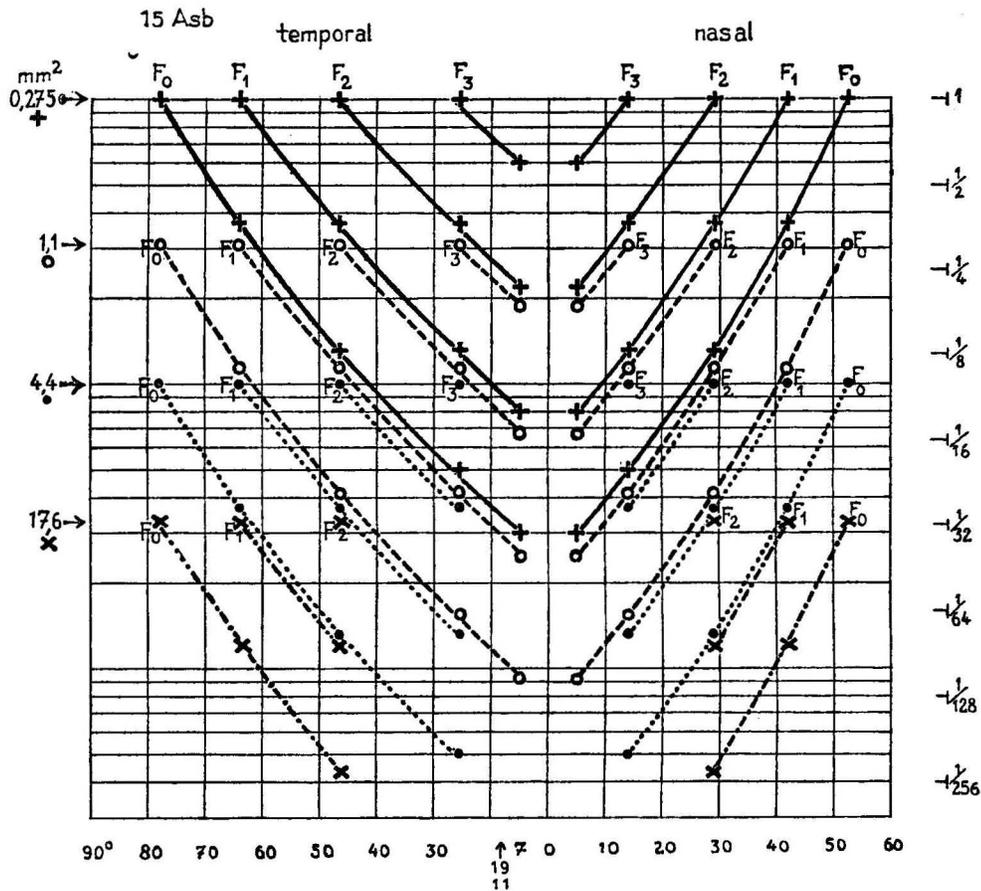


Abb. 3. Diagramm zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Netzhautstellen des horizontalen Meridians aus den Ergebnissen der Perimetrie für Objekte von 0,275 (+ — +), 1,1 (o - - - o), 4,4 (.....), 17,6 (× - - - ×) mm² Fläche und Kontrast $\Delta I/I$: 23/1 (F_0), 8/1 (F_1), 3,1/1 (F_2), 1,15/1 (F_3); Grundleuchtdichte: 15 asb. Abszisse: Netzhautort (Abstand in Graden vom Fixierpunkt). Ordinate (logarithmisch): Empfindlichkeit in echten Brüchen (Skala rechts). — Erläuterung des Diagramms: Volle Empfindlichkeit (bei Menschen zwischen 20 und 30 Jahren) entspricht für Objekt 0,275 und $\Delta I/I = F_0$ einer Gesichtsfeldgrenze temporal bei 78°, für $\Delta I/I = F_1$ bei 64° usw. Findet sich die Grenze für $\Delta I/I = F_0$ statt bei 78° bei 64°, so ist die Empfindlichkeit, wie aus dem Verhältnis der Kontrastzahlen folgt, auf $8/23 = 0,37$ gesunken. Man findet diese Empfindlichkeit, wenn man auf der von F_0 ausgehenden, mit + versehenen, ausgezogenen Linie bis zur Abszisse 64° vorschreitet. Hat man zur Untersuchung Objekt 0,275 mm² (+ — +) mit $\Delta I/I = F_2$ gebraucht und liegt die Grenze statt wie normal bei 46° nun bei 33° temporal, so erhält man die Empfindlichkeit $\frac{1}{2}$ im Schnittpunkt der von F_2 ausgehenden ausgezogenen Linie mit der von der Abszisse 33° errichteten Senkrechten. Liegt die Gesichtsfeldgrenze bei Untersuchung mit Objekt 4,4 mm² (.....) und $\Delta I/I = F_0$ bei 78°, so ist die Empfindlichkeit dieser Stelle nach den Ausführungen des Textes 1/10 (×), und man findet alle Empfindlichkeiten, welche durch das Objekt 4,4 mm² mit verschiedenen $\Delta I/I$ gemessen werden können, auf den punktierten Linien, welche durch die mit • bezeichneten und mit den zugehörigen F-Indices versehenen Punkte gehen. Entsprechend ihren Gültigkeitsgrenzen brechen die Linien für die Objekte 4,4 und 17,6 mm² früher ab als die zu den kleineren Objekten gehörenden Linien. — Es sei bemerkt, daß für den temporalen Meridian stetige Kurven nur erhalten werden konnten, wenn man das Gebiet zwischen 19 und 11° — das ist der blinde Fleck — als nicht existent betrachtete. Für das Empfindlichkeitsdiagramm verhält sich also der Sehnerveneintritt nicht wie eine aus der Netzhaut ausgestanzte Stelle, sondern so, als würde er die Netzhautelemente an dieser Stelle auseinanderdrängen.

Unsere Untersuchung hat aber weiterhin noch ergeben, daß die Unterschiedsempfindlichkeit die perimetrischen Eigenschaften einer Netzhautstelle nicht *allein* charakterisiert, man sollte eigentlich noch das *Summationsvermögen in ihrer Umgebung* bestimmen. Für den Normalen weichen die Werte dieses Summationsvermögens sehr wenig voneinander ab, und obwohl ich in einer Reihe von pathologischen Fällen (Glaukom, Sehnervenatrophie) die gleichen Summationsfaktoren wie beim Normalen gefunden habe, so ist vorläufig nicht einzusehen, warum die Summationsfähigkeit der Netzhautelemente in pathologischen Fällen nicht leiden sollte. Darüber müssen aber erst noch weitere Untersuchungen vorgenommen werden.

TAB. VII.

Abhängigkeit der relativen Gesichtsfeldgröße von der Sehschärfe bei Bildschärfenherabsetzung durch Refraktions- (also «Medien-») Fehler (Person H. J. 68jährig).

Einstellungsfehler in dptr *	Visus geprüft in 30 cm Abstand	Mittlere relat. Abnahme des Gesichtsfeldes in % des Gesichtsfeldes bei maximaler Sehschärfe	
		Weißobjekt 0,275 mm ² $\Delta I/I = 3,5/1$	Blau Schott BG12/2 mm + Graufilter 0,1 *** Durchlässigkeit Feldgröße 70,4 mm ²
0 dptr	1,0	0	0
— 1,5 dptr	0,4	— 34,7	— 1,4
— 4 dptr	0,1 kn.	— 53,7	— 15,0
— 5 dptr	< 0,1	— 100 **	— 36,5

* Erläuterung: Einstellungsfehler 0 will besagen, daß das untersuchte Auge auf 30 cm eingestellt ist. Einstellungsfehler — 4 dptr will sagen, daß es auf 13,7 statt auf 30 cm eingestellt ist.

** Wird nicht wahrgenommen.

*** Diese Filterkombination bei $\Delta I/I = 23$ vor den Projektor gesetzt, ergab bei 70,4 mm² Fläche ca. ein ebenso großes Gesichtsfeld wie das obige Weißobjekt und wurde entweder nicht oder blau gesehen.

So weit wäre alles schön, und die Lichtsinnsperimetrie hätte jenen Abschluß gefunden, den man seit langem in der Perimetrie anstrebte. Und doch kann ich diese Ausführungen nicht schließen, ohne auf eine gefährliche Klippe hingewiesen zu haben, die man ganz klar sehen muß, will man nicht allerschwerste Fehler beim Perimetrieren machen. Für die Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit, die wir ja beim Perimetrieren vornehmen, ist ebenso, wie für die Bestimmung der zentralen Sehschärfe, die

Sauberkeit der Kontur des Objektes von hoher Bedeutung. Deshalb bewirkt Herabsetzung der Sehschärfe durch Refraktionsfehler sehr erhebliche Verkleinerungen der relativen Gesichtsfelder, und zwar besonders der perizentral gelegenen relativen Gesichtsfelder (s. auch *Ferree* und *Rand*). Dies bedeutet einerseits, daß, wenn man rechte Lichtsinnsperimetrie treiben will, man die untersuchten Augen auf Objektabstand korrigieren muß; dies bedeutet aber andererseits, daß Medientrüben, welche unkorrigierbare Herabsetzung der Sehschärfe bewirken, auch deutliche Verkleinerungen des relativen Gesichtsfeldes bei der beschriebenen Art der Perimetrie bewirken, Funktionsherabsetzungen, die eben grob der Herabsetzung der Sehschärfe entsprechen. Vielfach findet man die Ansicht, man könne mit Hilfe der Perimetrie auch dann über Netzhautveränderungen eindeutig Aufschluß bekommen, wenn Medientrüben die Sehschärfe herabsetzen und wir im Zweifel sind, ob neben den Medientrüben auch noch eine Schädigung des nervösen Apparates vorliegt. Nur wenn *umschriebene* Gesichtsfelddefekte oder Gesichtsfeldeinschränkungen vorhanden sind, welche eben die Medientrübung nicht erklären kann, darf man hier die Lichtsinnsperimetrie vorsichtig zur Entscheidung heranziehen. Beobachtungen lassen mich vermuten, daß in solchen Fällen Farbenperimetrie weiter führen kann, wie Tab. VII zeigt, wenn man das Objekt so groß wählt, daß in ihm die Summationswirkungen zurücktreten. Doch davon will ich später einmal berichten, ebenso über viele andere hier nur gestreifte Probleme (Summation, Perimetrie bei Dunkeladaptation usw.).

Zusammenfassung.

1. Will man exakte relative Lichtsinnsperimetrie betreiben, so müssen bestimmte Bedingungen eingehalten werden. Neben Berücksichtigung der Adaptation ist vor allem Konstanthalten des Kontrastes zwischen Objekt und Perimetergrund und ebenso nicht allzu erheblicher Wechsel der Grundbeleuchtung nötig.
2. Unter solchen Bedingungen läßt sich eine Gesetzmäßigkeit nachweisen, die es gestattet, verschieden große Perimeterobjekte quantitativ zueinander in Beziehung zu setzen. Dadurch gelingt es, die Empfindlichkeit jeder Netzhautstelle zahlenmäßig anzugeben, wenn man mit mehreren Objekten das Gesichtsfeld aufgenommen hat.

3. Jede Netzhautstelle ist in Wirklichkeit nicht nur durch ihre Unterschiedsempfindlichkeit, sondern noch durch die Summationsleistung zu charakterisieren, die sie gegenüber Reizobjekten verschiedener Größe zeigt. Die Summationsleistung normaler Netzhautstellen kann als konstant über weite Gebiete des Gesichtsfeldes gelten. Die Grenzen dieser Konstanz werden hier ermittelt. Sie sind mit der Art der Sehleistung eng verknüpft: Distinkte Wahrnehmung setzt die Summation herab, Dunkeladaptation scheint sie zu erhöhen.
4. Lichtsinnsperimetrie liefert Gesichtsfelder, die von der Schärfe der Objektkontur abhängig sind. Refraktionsfehler (einschließlich Presbyopie) und Medientrüben verengen die relativen Schwarz-Weiß-Gesichtsfelder sehr erheblich. Bei Refraktionsfehlern muß deshalb mit Glaskorrektur untersucht werden. Bei Medientrüben ist Lichtsinnsperimetrie nur mit Vorsicht zur Diagnose von Hintergrunds- oder Sehnervenerkrankungen zu brauchen. Farbenperimetrie scheint hier weiterzuführen.

Summary.

1. To perform exact relative perimetry with colourless objects certain conditions must be fulfilled. Adaptation equilibrium must be established. Furthermore the contrast between object and perimeter background must remain constant. The basic illumination must not considerably change.
2. Under such conditions quantitative relations may be found between perimeter objects of varying size. Thus a quantitative comparison of the sensitivity of individual retinal points becomes possible on the basis of perimetric data gained with objects of different size.
3. To characterise the function of a retinal point besides the differential sensitivity also its integrative power for objects of different size must be known. The integrative power of normal retina may be considered constant over wide areas of visual field. The limits to this constancy were here determined. They vary with the particular kind of vision: distinctive perception decreases the integration, dark adaptation seems to increase it.
4. The visual field as gained by perimetry with white objects depends on the sharpness of the object borders. Refractive errors (including presbyopia) and cloudy media diminish the relative visual fields considerably. Patients with refractive

errors must therefore be examined with corrective glasses. In cases with turbid media results of white perimetry can only with caution be evaluated for the diagnosis of disturbances in the retina and the optical nerve. Colour perimetry seems less influenced by blurred images.

Résumé.

- 1° L'exécution d'une périmétrie blanche relative exacte exige l'observation de conditions déterminées. Il faut tenir compte de l'adaptation et surtout maintenir constant le contraste entre l'index et le fond du périmètre. L'éclairage de ce dernier doit varier le moins possible.
- 2° De telles conditions permettent d'établir les règles quantitatives régissant les corrélations des tests de grandeurs différentes. On parvient ainsi, après avoir relevé le champ visuel avec des index différents, à exprimer numériquement la sensibilité de chaque point de la rétine.
- 3° Chaque point de la rétine est caractérisé non seulement par sa faculté de différenciation vis-à-vis des index de grandeurs différentes, mais encore par celle de sommation. La faculté de sommation de la rétine normale peut être considérée comme constante sur de grandes étendues du champ visuel. Les limites de cette constance sont indiquées ; elles sont étroitement liées au genre de vision : la perception distincte diminue la sommation, l'adaptation à l'obscurité semble l'augmenter.
- 4° La périmétrie blanche donne des champs visuels qui dépendent de la netteté des contours des tests. Les anomalies de la réfraction (la presbyopie comprise) ainsi que celles des milieux transparents rétrécissent de manière très sensible les champs relatifs noirs-blancs. C'est pourquoi les anomalies de la réfraction ne seront examinées qu'après correction. Quant à celles des milieux transparents, leur périmétrie blanche ne doit être employée qu'avec prudence au diagnostic des maladies du fond de l'œil ou du nerf optique. Il semble que la périmétrie aux index de couleur soit alors préférable.

Literatur.

1. A. Dubois-Poulson: «Périmétrie, Campimétrie, Scotométrie» in *Traité d'ophtalmologie* Vol. II, p. 1011, 1039. H. Lauber: «Das Gesichtsfeld», München 1944 (erst während der Drucklegung dieser Arbeit erhalten). — 2. H. Rønne: *Arch. Augenhk.* 78, 137, 1920.