

## Weitere Grössenschätzungen im Gesichtsfeld.

Von

Dr. R. Fischer,  
Augenarzt in Leipzig.

---

In meinem ersten Aufsatz über die Grössenschätzungen im ebenen Gesichtsfeld war ich zu der Vermuthung gelangt, dass man die Fehler der Längenmessungen vielleicht auf die scheinbare Sehfeldzusammenziehung und so das Augenmaass selbst auf die Kenntniss des Abstandes aller Sehfeldpunkte vom Fixirpunkt zurückführen darf<sup>1)</sup>. Ob ein solcher Zusammenhang thatsächlich besteht, können naturgemäss meine eigenen Untersuchungen allein nicht entscheiden. Die Versuchsergebnisse, über die ich jetzt berichten werde, sollen daher auch nicht als weitere Beweismittel dienen. Sie scheinen mir aber die Schlussfolgerung zu gestatten, dass jene „einheitliche“ Art zu messen, falls sie wirklich existirt, nicht nur bei den bereits besprochenen Längenschätzungen, sondern wohl auch bei der Beurtheilung anderer Grössenverhältnisse im ebenen Gesichtsfeld Verwendung findet.

---

<sup>1)</sup> v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXXVII, 1, S. 97. Nicht zu vergessen ist die Voraussetzung, die ich dort gemacht habe: die Entfernungen zweier Punkte vom Fixirpunkt können vielleicht nur dann unmittelbar mit einander verglichen werden, wenn die beiden Punkte ein und demselben Sehfeldradius angehören. Demnach ist es eigentlich die Kenntniss von der relativen Lage der Punkte eines Sehfeldradius, auf der das Augenmaass beruhen würde.

## I.

## Vergleichung von Winkeln.

Zu den Winkelmessungen, die ich vor einigen Jahren unmittelbar nach den a. a. O. beschriebenen Versuchen vorgenommen habe, bediente ich mich wie dort der senkrechten, schwarzen Tafel. Ich zeichnete auf ihr einen Kreis von 36 cm Durchmesser auf und gab der Kreislinie eine möglichst genaue Gradeintheilung; das obere Ende des senkrechten Durchmessers wurde mit  $0^0$  bezeichnet und dann rechts herum in der Richtung der Uhrzeigerbewegung fortgezählt. Die Winkel stellte ich anfangs durch Fädchen dar, die im Mittelpunkt des Kreises aus einer feinen Oeffnung hervortraten und deren freie Enden ausserhalb des Kreisbogens leicht auf der Tafel befestigt werden konnten. Meist verwendete ich aber längere Fädchen in der Weise, dass sie sich im Kreismittelpunkt einfach kreuzten und mit beiden Enden ausserhalb des Kreises auf der Vorderfläche der Tafel angeheftet wurden. So hatte ich allerdings ausser den zu beurtheilenden Winkeln stets noch ihre Scheitelwinkel im Gesichtsfeld. Diese beeinträchtigten aber die Untersuchung in keiner Weise, jedenfalls nicht nach einiger Einübung, und sie ermöglichten zugleich eine grössere Abwechslung, da ich jetzt im Stande war, auf einen Versuch mit den einen Winkeln immer sofort einen Versuch mit den anderen folgen zu lassen.

Wenn ich nun mit beiden Augen untersuchen wollte, so brachte ich den Mittelpunkt des Kreises auf 18 cm Abstand in die Höhe der Augen, gegenüber der Mittellinie. In den Versuchen mit einem Auge dagegen wurde die Lage des Auges — in gleicher Entfernung — durch ein vor der Tafel befestigtes Zahn Brett, Visirzeichen u. s. w. genauer bestimmt, in der Weise, dass die Tafel von der Hauptblicklinie stets im Kreismittelpunkt, im Scheitel der zu verglei-

chenden Winkel senkrecht getroffen werden konnte. Das Visirzeichen war leicht beweglich; wenn es den Winkeln zu nahe kam oder sonst störte, wurde es allemal nach Annahme der richtigen Augenstellung augenblicklich entfernt.

Mit diesen Vorkehrungen habe ich eine grosse Zahl von Winkelmessungen ausgeführt und zwar bestand die Aufgabe hauptsächlich darin, einen Winkel nach dem Augenmaass zu halbiren. Dem Winkel wurden dabei die verschiedensten Lagen um den Kreismittelpunkt herum und die verschiedensten Grössen gegeben. In den folgenden Tabellen bezeichnet die erste wagrechte Zahlenreihe die Grösse der geforderten Winkelhälften und die erste senkrechte Reihe die geforderte Lage des halbirenden Halbmessers. Die übrigen Zahlen geben den beobachteten constanten Fehler (= CF) an, d. h. die Mittelwerthe der Abweichungen der eingestellten Halbirlungslinie von der richtigen Lage, jedoch die Mittelwerthe nicht in absoluten Zahlen, sondern in Procenten der wirklichen Hälften, jedesmal mit einem Vorzeichen, dessen Bedeutung keiner Erklärung bedarf. Nach jeder Einstellung des scheinbar halbirenden Schenkels wurde dessen Abweichung von der geforderten Lage an der Gradeintheilung abgelesen, ausserdem aber, soweit sie nicht ganze Grade betrug, an dem Kreisbogen noch linear gemessen; erst die Mittelwerthe rechnete ich vollständig in Grade um. Der hierdurch eingeführte Fehler ist jedoch verschwindend klein, namentlich auch gegenüber etwaigen Ungenauigkeiten der Gradeintheilung und des Abmessens, die in CF mit enthalten sein mögen.

1) CF der Winkelhalbirungen im Sehfeld des rechten Auges. Gesichtslinie im Scheitel der Winkel senkrecht zur Sehfeldebene; Primärlage des Auges. Je 40 Versuche, für  $10^\circ$  und  $15^\circ$  nur je 20.

	5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°	75°
0°	—4,17	—2,96	—2,15	+1,79	+1,73	+2,30	+2,92	+2,69
10°	—4,83	—5,19	—4,62	—2,31	—1,58	—1,18	+1,92	+3,55
20°	—3,98	—2,51	—2,15	—2,05	—0,32	—0,99	+1,33	+3,64
30°	—1,16	—0,97	+1,64	+3,44	+4,79	+1,78	+2,63	+4,08
40°	+0,97	+2,40	+1,10	+5,03	+6,17	+5,89	+3,56	+3,80
50°	+0,99	+2,78		+9,17	+6,68			
60°	+1,83	+3,14	—	+5,96	+8,31	—	+4,18	+4,11
70°	+3,83	+2,72	—	+6,35	+9,47	+8,42	+5,00	+4,60
80°	+5,44	+1,67	—	+6,93	+6,98	—		
90°	+4,25	+3,64	+3,01	+7,50	+7,28	+5,64	+5,76	+5,34
100°	+5,65	+5,74	—	+6,86	+6,93	—	+4,74	+5,02
110°	+4,98	+5,19	—	+6,86	+6,93	+4,41		
120°	+4,82	+4,22	—	+6,25	+8,27	—	+5,19	+6,52
130°	+7,05	+4,09	+3,58	+7,52	+8,50	+6,45	+4,62	+3,53
140°	+4,44	+2,66		+7,08	+5,62			
150°	+5,06	+4,46	—	+3,41	+5,02	—	+3,59	+2,65
160°	+4,90	+6,35	—	+5,50	+6,46	+8,08	+3,24	+1,52
170°	+3,81	+5,51	—	+7,59	+6,68	+5,90	+2,55	+1,89
180°	+4,53	+7,51	+5,17	+5,83	+5,38	+4,70	+2,59	+2,20
190°	+4,64	+2,07	—	+3,31	+1,10	+0,84	+0,59	+0,78
200°	+3,93	+3,15	—	+1,29	—0,83	—1,01	—2,61	—0,48
210°	+1,32	+2,56	—	—2,55	—3,27	—3,91	—3,90	—2,59
220°	+0,59	+0,43	—0,16	—3,64	—3,99	—6,72	—4,16	—3,75
230°	—1,54	—0,96		—3,29	—4,73			
240°	—0,57	—1,61	—	—3,52	—4,98	—	—5,13	—4,85
250°	—3,35	—1,36	—	—6,05	—5,73	—5,58	—5,75	—8,18
260°	—2,63	—2,76	—	—7,57	—6,90	—		
270°	—3,41	—3,14	—3,28	—9,95	—7,69	—6,50	—6,22	—4,72
280°	—4,67	—2,06	—	—9,18	—7,42	—	—5,65	—3,94
290°	—7,03	—2,04	—	—7,99	—9,91	—8,59		
300°	—6,09	—2,12	—	—8,78	—9,33	—	—4,80	—2,16
310°	—5,37	—1,64	—3,50	—5,76	—7,80	—3,54	—3,14	+0,12
320°	—6,52	—2,66		—3,10	—4,42	—1,76		
330°	—4,90	—3,02	—	—1,58	—1,88	+2,32	+1,13	+1,30
340°	—3,83	—4,49	—	+2,70	+2,63	+5,42	+1,79	+1,43
350°	—4,42	—4,06	—4,12	+5,85	+5,12	+5,25	+2,33	+2,19

2) CF der Winkelhalbierungen im Sehfeld des linken Auges. Versuchsanordnung wie in 1). Je 40 Einstellungen, für  $10^\circ$  nur je 20.

	$5^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$
$0^\circ$	+ 5,01	+ 3,91	+ 2,54	+ 3,72	+ 2,10	+ 3,66	+ 4,85
$10^\circ$	+ 4,88	+ 2,77	+ 3,51	+ 4,28	+ 0,92	+ 4,13	—
$20^\circ$	—	—	+ 2,20	—	+ 3,16	—	—
$30^\circ$	—	—	+ 1,74	—	+ 4,15	—	—
$40^\circ$	+ 4,04	+ 4,68	—	+ 5,70	—	—	+ 2,34
$50^\circ$	+ 4,04	+ 4,62	—		—	—	
$90^\circ$	+ 4,35	+ 3,77	+ 7,66	+ 8,21	+ 6,64	+ 5,01	+ 3,41
$135^\circ$	—	+ 4,07	—	+ 5,34	—	—	—
$150^\circ$	+ 1,87	+ 1,85	+ 3,10	—	—	—	—
$160^\circ$	— 2,17	— 1,53	— 0,41	+ 2,81	+ 2,66	+ 1,81	+ 1,24
$170^\circ$	— 4,25	— 3,29	— 2,05	— 0,44	— 0,62	+ 0,80	— 0,73
$180^\circ$	— 3,60	— 2,10	— 5,00	— 2,66	— 1,94	— 1,26	— 0,79
$190^\circ$	— 4,66	— 4,06	—	—	—	—	—
$220^\circ$	— 3,66	— 4,58	—	— 6,58	—	—	— 3,64
$230^\circ$	— 3,66	— 4,87	—		—	—	
$270^\circ$	— 5,09	— 4,28	— 8,31	— 9,03	— 6,37	— 5,55	— 4,12
$315^\circ$	—	— 3,57	—	— 4,91	—	—	— 0,47
$330^\circ$	— 3,12	— 2,20	— 2,36	— 1,23	+ 0,81	— 0,95	+ 0,66
$340^\circ$	+ 1,21	+ 1,42	+ 1,89	+ 1,03	+ 0,90	+ 0,90	+ 1,94
$350^\circ$	+ 4,41	+ 4,39	+ 3,21	+ 3,19	+ 2,90	+ 2,23	+ 3,45

Was lehrt nun die Zahlenmenge der beiden Tabellen? — Wiewohl CF eigentlich so wenig constant ist, dass ich mich über die Regelmässigkeit der Ergebnisse fast wundern möchte, so scheint mir doch eins sicher zu sein: Wenn der halbirende Halbmesser wagrecht oder auch nur annähernd wagrecht lag, so hatte die Einstellung stets den Erfolg, dass die obere Winkelhälfte grösser wurde als die untere. Das gilt für das rechte wie für das linke Auge und jedesmal für beide Sehfeldhälften. Es gilt ferner ebenso vollkommen für das Blickfeld, gleichviel ob ich mit einem Auge von der Primärlage aus oder mit beiden Augen unter-

suchte. Diese Art der Winkelmessung erinnert aber deutlich genug an die Halbierung senkrechter Längen: auch da habe ich immer die untere Hälfte überschätzt, die obere zu gross gemacht. Sollte eine solche Aehnlichkeit nur Zufall sein? Es sieht doch ganz so aus, als ob ich die Winkel mit Hülfe desselben Maassstabes, nach gewissen linearen Abständen ihrer Schenkel (Sehnen? <sup>1)</sup>) beurtheilt hätte. Genau senkrechte Lage der Abstände wäre hierzu keineswegs erforderlich; nach mehreren Versuchsreihen aus der Zeit, wo ich Strecken zu halbiren begann, lege ich selbst an Linien von  $45^\circ$  Neigung noch ungefähr den senkrechten Maassstab an.

Auf Grund der Längenschätzungen müssten dann bei  $0^\circ$ - und  $180^\circ$ -Lage des halbirenden Schenkels die äusseren Winkelhälften kleiner ausfallen als die inneren. So geschah es aber lediglich im Sehfeld des rechten Auges in der  $0^\circ$ -Lage und selbst da nur bei den grösseren Winkeln. Indessen lässt ja die Anwendung des ursprünglichen Maasses (der scheinbaren Sehfeldzusammenziehung) verschiedene Möglichkeiten zu und gerade für wagrechte Strecken um so eher, als hier, sobald mit beiden Augen gemessen wird, die Maassstäbe der beiden Sehfelder in Widerspruch mit einander gerathen <sup>2)</sup>. Habe ich mich doch selbst einmal in

---

<sup>1)</sup> An die Tangenten ist kaum zu denken. Der Unterschied der scheinbar richtigen Winkelhälften wächst annähernd proportional der Winkelgrösse; ebenso verhält sich allenfalls der Unterschied der Sehnen, aber ganz und gar nicht der der Tangenten.

<sup>2)</sup> Nach dieser Ausdrucksweise könnte es scheinen, als ob ich den Maassstab der einäugigen Sehfelder als ursprünglich gegeben betrachten und daraus erst die Messungen mit beiden Augen ableiten wollte. Der Unterschied in der Beständigkeit des senkrechten und des wagrechten Maassstabes lässt sich aber wohl verstehen, wenn man davon ausgeht, dass wir die Entfernung der Sehfeldpunkte vom Fixirpunkt kennen lernen, während wir mit beiden Augen die Gegenstände unserer Umgebung sehen. Der senkrechte Abstand eines Punktes von der Visirebene hat hierbei für beide Augen den-

einer Anzahl von Streckenhalbirungen nicht wie gewöhnlich nach dem Maassstab der inneren Sehfeldhälfte allein gerichtet, sondern anscheinend nach dem der inneren und äusseren zusammen. Dass ich bei den (meisten) Winkelmessungen in derselben Weise verfare, erscheint mir sonach nicht als eine rein willkürliche Annahme. Zudem ist die Annahme nur für den Fall nöthig, dass die zu vergleichenden Abstände nicht meridional verlaufen, nicht im Fixirpunkt zusammenstossen, also nur für die Versuche mit Fixation des Scheitels der Winkelhälften. Liess ich nach einer Einstellung den Blick nicht mehr auf dem Scheitelpunkt, sondern auf einer anderen Stelle der Halbirungslinie ruhen oder über den Winkel hin wandern, so bemerkte ich, gewisse Winkel des rechten Sehfeldes ausgenommen, sofort die Unrichtigkeit der Halbirung und war nun vielmehr geneigt, unter Benutzung des gewöhnlichen Maassstabes, den entgegengesetzten Fehler zu begehen. Natürlich erschien mir diese neue Halbirung wieder durchaus fehlerhaft, sowie ich mit dem Blick in die Nähe des Scheitelpunktes kam. So war im Blickfeld die Beurtheilung niemals eindeutig. Und ich hatte es fast in der Gewalt, einen positiven oder negativen oder gar keinen CF hervorzubringen. Nur wurden bei einem Wechsel der Versuchsbedingungen die ersten Einstellungen der neuen Reihe durch die vorherigen Versuche deutlich beeinflusst, insofern als ihre Fehler Zwischenstufen zwischen denen der beiden Reihen bildeten. Am wenigsten zeigte sich eine derartige Einwirkung an den kleinen nach oben sich öffnenden Winkeln des rechten Gesichtsfeldes. Hier war auch dementsprechend, wenn der Fixirpunkt seinen Ort änderte, der Fehler der

---

selben Gesichtswinkel. Dagegen wird die wagrechte Entfernung von den zur Visirebene senkrechten Meridianen oft von dem einen Auge unter ganz anderem Winkel als von dem zweiten gesehen. Für senkrechte Strecken wird sich deshalb ein festeres Maass ausbilden können als für wagrechte.

Halbirung am auffälligsten. Die grossen Winkel gleicher Lage dagegen wurden im Blickfeld des rechten Auges genau so wie bei Fixirung des Scheitels, d. h. beidemal anscheinend nach dem gewöhnlichen Maassstab für wagrechte Strecken beurtheilt. Sie zeichnen sich also vor allen anderen durch die Uebereinstimmung des Sehfeldes mit dem Blickfeld aus, eine Thatsache, die, wie mir scheint, nicht unwichtig ist für die Halbirungen von  $180^\circ$ .

Diese richtete ich nach dem schon von den kleineren Winkeln her geläufigen Verfahren ein. Es war ein Winkel von  $180^\circ$ , ein Durchmesser des Kreises auf der Tafel gegeben und ein Halbmesser wurde nach dem Augenmaass so gedreht, dass er den Winkel in scheinbar gleiche Abschnitte, rechte Winkel theilte. Den Halbmesser ersetzte ich jedoch meist, ebenso wie bei den übrigen Winkeln, durch einen Durchmesser. Natürlich beachtete ich trotzdem immer nur den einen Winkel von  $180^\circ$ , d. h. ich suchte nicht etwa ein rechtwinkliges Kreuz herzustellen, sondern eben nur zwei Nebenwinkel einander gleich zu machen. Tabelle 3) enthält die Abweichungen des halbirenden Halbmessers von der richtigen Lage wie sonst in Procenten der wirklichen Hälften. Ich habe aber eine etwas ungewöhnliche Anordnung der Zahlen gewählt; es kam mir darauf an, die Fehlerreihen der vier Quadranten unmittelbar neben einander zu stellen und so ihre Vergleichung zu erleichtern.

3) CF der Halbirungen eines Winkels von  $180^\circ$  im Sehfeld des rechten Auges. Versuchsanordnung wie in 1). Je 80 Einstellungen.

Lage des halbirenden Halbmessers				Zugehöriger constanter Fehler			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
$0^\circ$	$90^\circ$	$360^\circ$	$270^\circ$	+ 1,30	— 1,32	+ 1,30	— 1,23
$10^\circ$	$100^\circ$	$350^\circ$	$260^\circ$	+ 1,51	— 1,55	+ 1,51	— 1,56
$20^\circ$	$110^\circ$	$340^\circ$	$250^\circ$	+ 2,16	— 2,01	+ 1,99	— 2,72
$30^\circ$	$120^\circ$	$330^\circ$	$240^\circ$	+ 2,12	— 1,99	+ 2,25	— 2,73
$40^\circ$	$130^\circ$	$320^\circ$	$230^\circ$	+ 2,22	— 1,98	+ 2,26	— 2,13



Fortsetzung von 3).

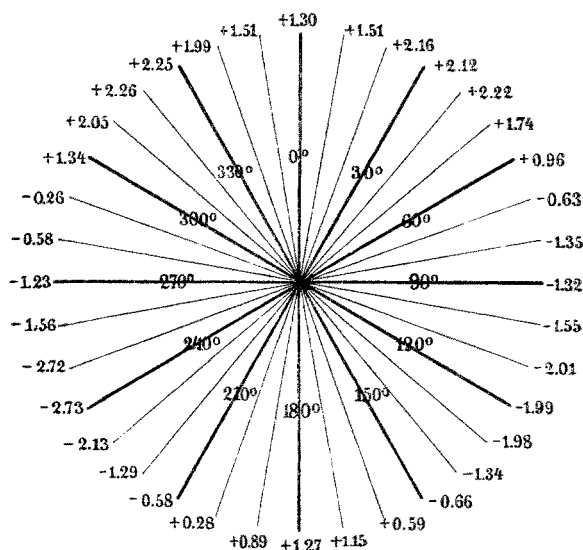
Lage des halbirenden Halbmessers				Zugehöriger constanter Fehler			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
50°	140°	310°	220°	+ 1,74	— 1,34	+ 2,05	— 1,29
60°	150°	300°	210°	+ 0,96	— 0,66	+ 1,34	— 0,58
70°	160°	290°	200°	— 0,63	+ 0,59	— 0,26	+ 0,28
80°	170°	280°	190°	— 1,35	+ 1,15	— 0,58	+ 0,89
90°	180°	270°	180°	— 1,32	+ 1,27	— 1,23	+ 1,27

Wären dies meine einzigen Winkelmessungen, so würde es schwer halten, in ihnen das ursprüngliche Maass aller Grössenschätzungen wiederzuerkennen. Anders liegen aber die Verhältnisse, nachdem die Versuche mit den kleineren Winkeln vorausgegangen sind. Wenn dort die Annahme zulässig war, dass CF durch die scheinbare Sehfeldzusammenziehung bedingt wurde, so ist sie es wahrscheinlich auch hier. Denn die Versuchsergebnisse hier schliessen sich, soweit es möglich ist, eng an jene an.

Fassen wir zunächst die vier Hauptrichtungen des halbirenden Schenkels, d. h. seine Lage bei 0°, 90°, 180° und 270° näher ins Auge. In diesen Fällen ist CF für die Halbierung von 180° von derselben Art wie für die von 150° (im Sehfeld des rechten Auges) — mit Ausnahme der 90°-Lage: für letztere lautet er in 3) gerade entgegengesetzt dem in 1). Der Unterschied erklärt sich jedoch daraus, dass es sich ja nunmehr um Winkel von 90°, um Nebenwinkel handelt. Die Halbierungen von 150° in der einen Hauptrichtung der Halbierungslinie können kaum auf die Halbierungen in einer anderen Hauptrichtung einwirken. Anders hier. Wenn der senkrechte Durchmesser gegeben und der Halbmesser 270° einzustellen ist, so wird CF = — 1,3%, der innere obere Quadrant fällt grösser, der innere untere kleiner aus als ein Rechter. Die gleiche Grösse behalten die beiden Winkel, falls der gegebene Durchmesser wagrecht liegt und nun die oberen oder unteren 180° halbiert werden. Dabei ist natürlich der äussere obere Qua-

drant kleiner als ein Rechter, der äussere untere grösser. Dass dann die unmittelbare Vergleichung der beiden äusseren Quadranten genau denselben Erfolg hat, dass sonach bei 90°-Lage  $CF = -1,3\%$  wird, erscheint mir fast nothwendig.

Mit dem CF der vier Hauptrichtungen ist weiterhin schon ungefähr der Fehler der Zwischenstellungen gegeben, da man wohl jedesmal auf einen allmählichen Uebergang



rechnen darf. Demgemäss beschränkt sich die Aehnlichkeit mit den früheren Messungen auf die linke Hälfte des (rechten) Sehfeldes. Die Uebergänge sind aber noch von ganz besonderer Art. Der leichteren Uebersicht wegen wiederhole ich hier Tabelle 3) in Form einer Sternfigur: jeder halbirende Halbmesser trägt seinen CF.

Zuerst stimmen nun die oberen Quadranten insofern mit den unteren überein, als der CF jedes halbirenden Halbmessers des unteren Quadranten in annähernd gleicher Grösse, nur mit anderem Vorzeichen im oberen Quadranten

bei demjenigen Halbmesser wiederkehrt, der um  $90^\circ$  von dem ersteren entfernt ist. Daraus folgt, dass ein scheinbar rechter Winkel der rechten und ebenso der linken Hälfte des Sehfeldes eine unabänderliche Grösse besitzt und immer mit demselben Fehler eingestellt wird, gleichviel mit welchem seiner beiden Nebenwinkel er zu vergleichen ist. Z. B. erhalte ich einen richtigen rechten Winkel  $205^\circ$ - $295^\circ$  sowohl wenn ich  $\angle 115^\circ$ - $205^\circ$ - $295^\circ$  halbiere, als auch durch Halbierung des  $\angle 205^\circ$ - $295^\circ$ - $25^\circ$ . Oder nehmen wir  $\angle 230^\circ$ - $320^\circ$ : dieser lässt sich einmal mit  $\angle 140^\circ$ - $230^\circ$ , einmal mit  $320^\circ$ - $50^\circ$  vergleichen; in beiden Fällen wird er grösser als ein Rechter, nach 3) um  $\frac{2,26 + 2,13}{2} \%$ .

Diese Uebereinstimmung zweier Quadranten erstreckt sich jedoch nur auf die rechte oder linke Hälfte des Sehfeldes, sie reicht nicht über den senkrechten Durchmesser hinaus. Ein scheinbar rechter Winkel, der den beiden Sehfeldhälften zugleich angehört, z. B.  $\angle 320^\circ$ - $50^\circ$ , hat deshalb nicht mehr einen ein für alle Mal feststehenden Werth, sondern er nimmt zwei verschiedene Grössen an, je nachdem ich ihn gegen den einen oder den anderen seiner beiden Nebenwinkel abschätze. Gleichwohl bestehen nahe Beziehungen zwischen den beiden Sehfeldhälften. Beim ersten Blick auf die Tabelle oder Figur erscheinen sie symmetrisch zu einander, da in gleichen Abständen von einem senkrechten Halbmesser ungefähr gleiche Fehler mit gleichen Vorzeichen verzeichnet sind. Die Symmetrie ist aber nur eine scheinbare. Denn das gleiche Vorzeichen bedeutet ja auf der einen Seite Annäherung an den senkrechten Halbmesser, auf der anderen Entfernung von ihm. Deutlicher tritt ein Zusammenhang hervor, wenn ich die rechte (oder linke) Hälfte so um den wagrechten Halbmesser als Achse drehe, dass der Halbmesser  $10^\circ$  mit dem Halbmesser  $170^\circ$ ,  $20^\circ$  mit  $160^\circ$  u. s. f. den Platz vertauscht. Dann würde die Uebereinstimmung, die wir zwischen Unten und Oben fan-

den, auch für Rechts und Links und somit rings im Kreise herum gelten; thatsächlich ist dies nur für die vier Hauptrichtungen der Fall. Klar wird die gegenseitige Beziehung aber erst durch folgendes.

Die wirkliche Grösse eines scheinbar rechten Winkels, der einen senkrechten Halbmesser einschliesst, ist, wie gesagt, eine doppelte und richtet sich danach, welcher seiner beiden Nebenwinkel zur Vergleichung herangezogen wird. Diese beiden Nebenwinkel nun, die natürlich Scheitelwinkel mit einander bilden, unterliegen nicht etwa ähnlichen Schwankungen, sie besitzen vielmehr als scheinbar rechte Winkel fest bestimmte Werthe, da allemal der eine von ihnen ganz in der linken, der andere ganz in der rechten Sehfeldhälfte liegt. Der Wechsel in der Beurtheilung des zuerst genannten Winkels erfordert deshalb die Annahme, dass die beiden Scheitelwinkel, obwohl beide scheinbar  $= 90^\circ$ , ungleich gross sind — und so ist es in der That. Sie wechseln jedoch nicht beliebig, sondern der Winkel der linken, inneren Sehfeldhälfte ist stets grösser als sein in der rechten, äusseren Hälfte liegender Scheitelwinkel. Der Unterschied hat den höchsten Grad bei den Winkeln, die sich gerade nach rechts und nach links öffnen,  $\angle 45^\circ$ - $135^\circ$  und  $\angle 225^\circ$ - $315^\circ$ , und er nimmt allmählich ab, je mehr sich die Winkel von dieser Lage entfernen, bis er schliesslich verschwindet, wenn sie von senkrechten und wagrechten Halbmessern gebildet werden. Tabelle 3a enthält in I neben der Lage eines scheinbar rechten Winkels in der linken Sehfeldhälfte dessen wirkliche Grösse, wie sie sich nach den beiden in 3) mitgetheilten Vergleichen berechnet (der Einfachheit wegen  $\%$  beibehalten), und in II die entsprechenden Zahlen für die Scheitelwinkel. Wie viel die Winkel unter I grösser sind als die unter II, besagt die letzte Reihe.

3a) Scheinbar rechte Winkel im Sehfeld des rechten Auges.

I		II		III
Winkellage, annähernd	Wirkliche Grösse	Winkellage, annähernd	Wirkliche Grösse	I > II
180°—270°	90° — 1,25 %	0° — 90°	90° — 1,31 %	—
190°—280°	90° — 0,73 „	10°—100°	90° — 1,53 „	0,80
200°—290°	90° — 0,27 „	20°—110°	90° — 2,08 „	1,81
210°—300°	90° + 0,96 „	30°—120°	90° — 2,06 „	3,02
220°—310°	90° + 1,67 „	40°—130°	90° — 2,10 „	3,77
230°—320°	90° + 2,19 „	50°—140°	90° — 1,54 „	3,73
240°—330°	90° + 2,49 „	60°—150°	90° — 0,81 „	3,30
250°—340°	90° + 2,36 „	70°—160°	90° + 0,61 „	1,75
260°—350°	90° + 1,53 „	80°—170°	90° + 1,25 „	0,28
270°—360°	90° + 1,26 „	90°—180°	90° + 1,29 „	—

Die scheinbar rechten Winkel der inneren Sehfeldhälfte sind also — am meisten, wenn sie gerade nach innen zu liegen, — grösser als ihre Scheitelwinkel, gleichfalls scheinbar rechte Winkel, in der äusseren Hälfte. Sollte sich hierin nicht wiederum die Einwirkung meines Maasses verrathen? Durch letzteres wäre dann doch das eigenthümliche Verhalten des CF in den Uebergängen von der einen Hauptrichtung zur anderen des Näheren bedingt. Dem Zufall verdanken jedenfalls die Zahlenreihen in 3) ihre Regelmässigkeit nicht. Dafür scheinen mir auch die Erfahrungen zu sprechen, die ich mit den Versuchen, ein rechtwinkliges Kreuz herzustellen, gemacht habe. Ich konnte die Aufgabe mit dem rechten Auge nur dann lösen, wenn die beiden sich kreuzenden Durchmesser senkrecht und wagrecht verliefen oder höchstens bis 10° davon abwichen. Und der Fehler war in diesem Falle gerade so<sup>1)</sup> wie bei Halbierung von 180°, z. B. einmal im Mittel aus 80 Versuchen  $CF = +1,20^\circ$  oder  $= +1,33\%$  für den senkrechten Durchmesser. In allen übrigen Lagen war das Kreuz nicht eindeutig. Es erschien entweder nur das eine oder nur das andere Winkelpaar richtig, niemals alle vier. Diese

<sup>1)</sup> Dies Verhältniss blieb auch in späteren Versuchen bestehen, in denen CF andere Werthe annahm.

Mehrdeutigkeit eines rechtwinkligen Kreuzes habe ich freilich erst erkannt, nachdem ich die Halbirungen von  $180^\circ$  beendet hatte. In früheren Versuchen, die noch den allerersten Winkelmessungen voraufgingen, stand ich den Befunden rathlos gegenüber, da sie bald sehr schön zusammenpassten, bald einander widersprachen und da es doch nicht den Eindruck machte, als ob nur die Unbestimmtheit den Wechsel verschuldete. — Die genannten Schwierigkeiten wären wohl weggeblieben, wenn die Form der Uebergänge des CF, wie ich sie für die Halbirungen von  $180^\circ$  im Sehfeld des rechten Auges beschrieben habe, nur durch zufällige Schwankungen entstanden und nicht vielmehr eine streng gesetzmässige wäre. Dieselbe Form treffen wir ausserdem im Sehfeld des linken Auges wieder an.

4) CF der Halbirungen eines Winkels von  $180^\circ$  im Sehfeld des linken Auges. Je 40 Versuche.

Lage des halbirenden Halbmessers				Zugehöriger constanter Fehler			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
$0^\circ$	$90^\circ$	$360^\circ$	$270^\circ$	+ 1,44	— 1,42	+ 1,44	— 1,42
$10^\circ$	$100^\circ$	$350^\circ$	$260^\circ$	+ 1,71	— 1,74	+ 1,76	— 1,86
$20^\circ$	$110^\circ$	$340^\circ$	$250^\circ$	+ 2,22	— 2,16	+ 2,48	— 2,52
$30^\circ$	$120^\circ$	$330^\circ$	$240^\circ$	+ 2,40	— 1,90	+ 2,79	— 2,77
$40^\circ$	$130^\circ$	$320^\circ$	$230^\circ$	+ 2,50	— 1,53	+ 2,20	— 2,28
$50^\circ$	$140^\circ$	$310^\circ$	$220^\circ$	+ 1,28	— 0,21	+ 1,10	— 0,46
$60^\circ$	$150^\circ$	$300^\circ$	$210^\circ$	— 0,40	+ 0,25	— 0,25	+ 0,29
$70^\circ$	$160^\circ$	$290^\circ$	$200^\circ$	— 1,23	+ 1,17	— 0,75	+ 0,90
$80^\circ$	$170^\circ$	$280^\circ$	$190^\circ$	— 1,26	+ 1,24	— 1,17	+ 1,16
$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$	$180^\circ$	— 1,42	+ 1,44	— 1,42	+ 1,44

Tabelle 4) deckt sich fast vollständig mit 3). Nur ist der Ort der richtigen Halbirung durchweg der Quadrantenmitte etwas näher gerückt. Die Bedeutung dieses Befundes erhellt aus Tabelle 4a, die ich aus 4) in gleicher Weise abgeleitet habe wie 3a aus 3).

4a) Scheinbar rechte Winkel im Sehfeld des linken Auges.

I		II		III
Winkellage, annähernd	Wirkliche Grösse	Winkellage, annähernd	Wirkliche Grösse	I > II
180°—270°	90°—1,43 %	0°—90°	90°—1,43 %	—
190°—280°	90°—1,16 „	10°—100°	90°—1,72 „	0,56
200°—290°	90°—0,82 „	20°—110°	90°—2,19 „	1,37
210°—300°	90°—0,27 „	30°—120°	90°—2,15 „	1,88
220°—310°	90°+0,78 „	40°—130°	90°—2,01 „	2,79
230°—320°	90°+2,24 „	50°—140°	90°—0,74 „	2,98
240°—330°	90°+2,78 „	60°—150°	90°+0,32 „	2,46
250°—340°	90°+2,50 „	70°—160°	90°+1,20 „	1,30
260°—350°	90°+1,81 „	80°—170°	90°+1,25 „	0,56
270°—360°	90°+1,43 „	90°—180°	90°+1,43 „	—

Es sind sonach die scheinbar rechten Winkel der linken Hälfte des Sehfeldes hier ebenfalls grösser als ihre Scheitelwinkel in der rechten, jedoch nicht so viel wie im Sehfeld des rechten Auges — und damit hängt eben die Verschiebung des Punktes, wo  $CF = 0$ , zusammen. Im Uebrigen stimmen die beiden Sehfelder vollkommen überein. — Hierdurch schliessen sich, so scheint es, die Halbierungen von 180° wiederum möglichst eng an die der kleineren Winkel, insbesondere an die von 150°, an. Denn bei letzteren weichen die Sehfelder nur wenig von einander ab, nämlich nur insofern, als der Halbmesser 180° rechts einen positiven, links einen negativen CF aufweist; in den drei anderen Hauptrichtungen besteht kein Unterschied zwischen rechts und links. Ist aber ebenso bei Vergleichung rechter Winkel in der 0°-, 90°- und 270°-Lage CF rechts und links der gleiche, so muss er es auch für die 180°-Lage sein, weil ja nunmehr der CF der einen Hauptrichtung von dem der anderen abhängt.

Allein eigentlich wäre man wohl berechtigt, zwischen den beiden Sehfeldern Symmetrie zu erwarten. Die symmetrische Vertheilung der Fehler (Vorzeichen) würde sich

übrigens genau so gut wie die nicht symmetrische aus den bei den kleineren Winkeln gewonnenen Ergebnissen herleiten lassen: Tabelle 4) hat nur in zwei Hauptrichtungen denselben CF wie 2); natürlich bleibt es so, wenn in 4) die Vorzeichen durchweg abgeändert werden und nun 4) und 3) symmetrisch erscheinen. Eine solche Aenderung hätte zudem den Vorthail, dass dann im linken Sehfeld ebenso wie im rechten das Grössenverhältniss zwischen den scheinbar rechten Winkeln der inneren Hälfte und ihren Scheitelwinkeln in der äusseren dem gewöhnlichen Maassstab für Innen und Aussen entsprechen würde. Das linke Auge verräth denn auch hier und da Neigung zu „symmetrischen“ Einstellungen; namentlich kommt der unterdrückte negative Fehler des linksseitigen Halbmessers  $180^\circ$ , und schliesslich des senkrechten Durchmessers überhaupt, öfters wieder zum Vorschein — ein Verhalten, das offenbar schon bei den kleineren Winkeln dadurch angebahnt ist, dass der CF der senkrechten Halbirungslinien dort, besonders im linken Gesichtsfeld, eine doppelte Form annehmen kann.

Spätere Halbirungen von  $180^\circ$  in den vier Hauptrichtungen ergaben zuweilen einen grösseren CF als die oben mitgetheilten, häufiger noch einen kleineren; z. B. betrug er nach je 80 Einstellungen der beiden senkrechten Halbmesser im rechten Sehfeld  $0,91\%$ , im linken  $0,90\%$ . Ebenso wurde in der Regel im Blickfeld jedes Auges CF etwas niedriger, so einmal für die senkrechten Halbmesser zusammen  $= +0,76\%$  und  $+0,78\%$ . Das Gleiche gilt für die Halbirungen und die Einstellungen eines rechtwinkligen Kreuzes mit beiden Augen; bei ersteren war z. B. CF  $= +0,65\%$ , bei letzteren die Abweichung des senkrechten Durchmessers  $= +0,59^\circ$  oder in  $\%$  von  $90^\circ = 0,66\%$ , ein zweites Mal  $= +0,83^\circ = 0,92\%$ . — Solche Schwankungen des CF haben nichts überraschendes; in den anderen Versuchen war es ja ähnlich. Bedeutungsvoll erscheint mir dagegen die Beobachtung, dass CF des Halbmessers



$180^\circ$  bei den Halbirungen von  $180^\circ$  im Blickfeld des linken Auges an manchen Tagen nicht mehr das positive Vorzeichen hatte, wie zu derselben Zeit im Sehfeld<sup>1)</sup> und wie sonst gewöhnlich, sondern das entgegengesetzte, ohne seine Grösse wesentlich zu ändern. Ebenso fand ich dann den negativen Fehler bei den Einstellungen eines senkrecht stehenden rechtwinkligen Kreuzes mit dem linken Auge, freilich nur selten. Häufiger schien aber die Symmetrie wieder in den Versuchen mit beiden Augen hervorzutreten; denn hier wurde wiederholt für den Halbmesser  $180^\circ$   $CF = 0$ , ebenso für das rechtwinklige Kreuz.

Aehnlich verhielt sich  $CF$ , wenn ich nicht mehr rechte Winkel beurtheilte, sondern den Durchmesser  $0^\circ$ - $180^\circ$  nach dem Augenmaass in senkrechte Lage zu bringen suchte. Der scheinbar senkrechte Meridian zeigte, ebenso wie die senkrechten Halbmesser in den Halbirungen von  $180^\circ$  und offenbar aus demselben Grunde (also mittelbar wegen der scheinbaren Sehfeldzusammenziehung), eine Drehung nach rechts und es war z. B. nach 200 Versuchen im rechten Sehfeld  $CF = +1,17^\circ$ , im linken  $= +0,97^\circ$ ; im Blickfeld wurde er wohl immer etwas kleiner, aber links manchmal, bei gleicher Grösse, sogar negativ, bei den Messungen mit beiden Augen endlich stets klein, mit positivem Vorzeichen, z. B.  $= +0,34^\circ$ , zuweilen auch  $= 0$ .

In einem Falle kehrte aber jener negative Fehler des linken Gesichtsfeldes und so die Symmetrie zwischen links und rechts regelmässig wieder, nämlich da, wo zu dem

---

<sup>1)</sup> Dann richteten sich die Versuche im Sehfeld stets eine Zeit lang nach den unmittelbar vorausgehenden Einstellungen im Blickfeld, und umgekehrt. Auch die Messungen mit beiden Augen hatten zum Theil verschiedene Ergebnisse, je nachdem vorher im linken oder rechten Blickfeld untersucht worden war. Aehnliches sahen wir bei den kleineren Winkeln, als festgestellt wurde, dass  $CF$  der senkrechten Halbirungslinien dort ebenfalls bald positiv, bald negativ sein kann.

scheinbar senkrechten Meridian des rechten Sehfeldes die Decklinie im linken gesucht wurde. Letztere war um ebensoviele nach links gedreht als ersterer nach rechts und bildete mit ihm einen nach oben offenen Winkel, der nach zahlreichen Versuchen im Durchschnitt  $-2,31^\circ$ , also noch einmal so gross war als nach 3) CF des Halbmessers  $0^\circ$  bei den Halbierungen von  $180^\circ$ ; nach unten verlängert würden sich übrigens die Decklinien, wenn ich aufrecht stehe, gerade auf dem Fussboden schneiden.

Diese Lage der Decklinien führte freilich zu Widersprüchen. Die scheinbar wagrechten Meridiane beider Sehfelder verliefen, wenigstens allemal nach längerer Dauer der Untersuchung, auch wirklich wagrecht. Zu ihnen stand nun zwar der scheinbar senkrechte Meridian des rechten Sehfeldes rechtwinklig, aber nicht auch dessen Decklinie. Drehte ich diese, bis die Winkel  $= 90^\circ$  erschienen, so war sie zu jenem absolut parallel, aber natürlich nicht mehr Decklinie. Ueberhaupt gelang es zur Zeit jener Versuche nicht, auf diese Weise ein rechtwinkliges Kreuz herzustellen, solange das ebene Gesichtsfeld streng festgehalten wurde.

So suchte sich die Symmetrie der beiden Gesichtsfelder immer wieder geltend zu machen. Gleichwohl blieb sie nach allem eine sehr unvollkommene. In den meisten Fällen richteten sich anscheinend die Messungen im linken Gesichtsfeld und die mit beiden Augen zeitweise oder regelmässig nach denen des rechten Auges. Hiermit hängt vermuthlich eine Erscheinung zusammen, die ich bei den Einstellungen der scheinbar senkrechten Decklinien (beide Augen in der Primärlage), aber auch sonst noch in stereoskopischen Versuchen bemerkt habe: das binoculare Sammelbild befand sich häufig nicht gegenüber der Mittellinie, sondern gerade vor dem rechten Auge. Diese Bevorzugung des rechten Auges ist vielleicht aus einem einseitigen Gebrauch desselben hervorgegangen. Obwohl meine Augen bei gleicher Kurzsichtigkeit gleich leistungsfähig sind, so

benutze ich doch seit langem das rechte weit mehr als das linke, zum Mikroskopiren, beim Gebrauch eines Vergrösserungsglases, oft auch zur Augenspiegeluntersuchung, wenigstens im umgekehrten Bilde, ferner z. B. selbst in den Versuchen über die Grössenschätzungen, die mich geraume Zeit beschäftigt haben u. s. w. Dann wäre die beschriebene Asymmetrie der Gesichtsfelder eine erworbene; von den beiden Messungsarten des linken Auges wäre die eine, die „symmetrische“, durch die andere, nicht symmetrische, eben wegen deren Uebereinstimmung mit der Messungsart des rechten Auges, in vielen Beziehungen (vielleicht nicht für immer?) verdrängt. Dass bei den kleineren Winkeln (Tabelle 1 und 2) die Symmetrie der beiden Sehfelder zum Theil gestört erschien, war übrigens ebenfalls, wenn auch in anderer Weise, die Folge einer Bevorzugung des rechten Auges.

Ob bei Anderen eine ähnliche Asymmetrie vorkommt, ist mir nicht bekannt. Mehrere Untersucher berichten, dass bei ihnen die symmetrisch liegenden scheinbar senkrechten Decklinien mit den scheinbar senkrechten Meridianen oder doch mit den auf einer Wagrechten scheinbar senkrecht stehenden Meridianen zusammenfallen. Und der Winkel, unter dem sich erstere schneiden, beträgt etwa so viel wie bei mir oder noch mehr, öfters auch weniger, ja er kann  $= 0$  werden. Der zuletzt genannte Befund wie überhaupt der Wechsel der Winkelgrösse würde an sich noch keineswegs gegen die aus meinen Darlegungen zu ziehende Schlussfolgerung sprechen, dass die fehlerhafte Lage der scheinbar senkrechten Meridiane u. s. w., wo sie vorhanden, (symmetrisch oder nicht) eben doch durch die Art der Ausmessung des einäugigen Gesichtsfeldes und somit schliesslich durch die scheinbare Sehfeldzusammenziehung bedingt sein könnte. Ist der Fehler  $= 0$ , so wäre z. B. daran zu denken, ob nicht in diesem Falle die Sehfeldzusammenziehung in allen Richtungen gleich stark nach der Peripherie hin zunimmt u. s. f.

Weitere einschlägige Versuche sind meines Wissens nur noch in geringer Zahl veröffentlicht worden. Helmholtz<sup>1)</sup> stellte mit dem rechten Auge ein rechtwinkliges Kreuz, das — nach meinen Bezeichnungen — von den Durchmessern  $342^{\circ}$ - $162^{\circ}$  und  $72^{\circ}$ - $252^{\circ}$  gebildet wurde, vollkommen richtig ein, mit dem linken Auge dagegen ein symmetrisch zu jenem liegendes Kreuz, d. h. die Durchmesser  $18^{\circ}$ - $198^{\circ}$  und  $108^{\circ}$ - $288^{\circ}$ ; am fehlerhaftesten erschien das Kreuz, nachdem er es um  $45^{\circ}$  weiter gedreht hatte. Wie ein Blick auf meine Halbirungen von  $180^{\circ}$  lehrt, könnte sich bei mir das Kreuz unter Umständen in fast gleichen Lagen ebenso verhalten. Die Möglichkeit ist gegeben; der Fehler hängt nur davon ab, welches Winkel-paar ich berücksichtigen will.

Ferner spricht Helmholtz auch von der Vergleichung kleinerer Winkel. Wenn er durch den Scheitel eines Winkels von  $30^{\circ}$  bis  $45^{\circ}$ , dessen einer Schenkel wagrecht lag, eine dritte, der Senkrechten nähere Linie so zog, dass der zweite Winkel dem ersten gleich zu sein schien, so fiel der zweite zu gross aus und betrug z. B. statt  $30^{\circ}$  über  $34^{\circ}$  (d. h.  $CF > 13\%$ !); ob er mit dem rechten oder mit dem linken Auge untersuchte und ob sich der Winkel nach rechts oder nach links öffnete, war gleichgültig. Diesen Versuchen entsprechen wahrscheinlich meine eigenen Halbirungen eines Winkels von  $60^{\circ}$  bei  $60^{\circ}$ - und  $300^{\circ}$ -Lage des halbirenden Schenkels (wohl nicht die bei  $120^{\circ}$ - und  $240^{\circ}$ -Lage?) sowie die Halbirungen von  $90^{\circ}$  bei  $45^{\circ}$ - und  $315^{\circ}$ -Lage — und sie waren auch mit einem ähnlichen Fehler verbunden. Dass mein CF niemals die beträchtliche Höhe erreichte wie der von Helmholtz, kann Zufall sein, rührt aber vielleicht von der Verschiedenheit der Aufgaben her. Ich habe wiederholt die Winkelvergleichen so wie Helmholtz vorgenommen, indem ich nicht den

---

<sup>1)</sup> Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik. 1. Aufl. § 28.

mittelsten der drei gewöhnlich vorhandenen Halbmesser, sondern einen der beiden anderen nach dem Augenmaass einstellte, indem ich also nicht halbirte, sondern einem Winkel von  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  oder  $30^\circ$  einen zweiten, anliegenden gleich zu machen suchte. Der CF, der hierbei nachgewiesen werden konnte, wich nun, allerdings nur für die nach rechts oder links offenen Winkel, in regelmässiger Form von dem der Halbirungen ab. Wenn z. B.  $\angle 90^\circ - 110^\circ$  gegeben und der Schenkel  $70^\circ$  in die geforderte Lage zu bringen war oder wenn umgekehrt  $70^\circ$  und  $90^\circ$  von Anfang an vorhanden waren und der Schenkel  $110^\circ$  gesucht wurde, so bestätigte sich zwar allemal die Erfahrung, dass der untere Winkel kleiner blieb als der obere, aber im ersten Fall war der Unterschied der Winkel bedeutender als nach Halbirung eines  $\angle 70^\circ - 110^\circ$ , im zweiten Fall dagegen geringer. Der gesuchte Winkel nahm immer einen grösseren Werth an, als der Einfluss der Ueberschätzung des unteren Winkels verlangte. — Schon wegen dieser Beeinträchtigung des CF wird man sich besser der Halbirungen als der blossen Vergleichen bedienen, wenn es gilt, die Art der Winkelmessung zu erforschen. Was mich aber von vornherein veranlasste, von letzteren abzusehen und mich in allen meinen Versuchen auf jene zu beschränken, war die Rücksicht auf die weit grössere Bestimmtheit der Halbirungen. Der niedrigere Grad ihres mittleren variablen Fehlers ( $= VF$ ) ermöglichte es, so liess sich voraussehen, mit einer geringeren Zahl von Versuchen zu einem Urtheil über CF zu gelangen. Freilich war VF der Halbirungen immer noch ziemlich stark; er hatte, wenn wir ihn wie bei den Längenmessungen in Procenten der wirklichen Hälften ausdrücken, folgende Werthe:

1b) VF der Winkelhalbirungen im Sehfeld des rechten Auges. Je 40 Versuche, für  $10^\circ$  und  $15^\circ$  nur je 20.

	5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°	75°
0°	2,76	2,22	2,29	1,90	1,24	0,94	1,19	1,17
10°	2,63	2,77	2,85	2,59	1,77	2,05	1,25	1,55
20°	3,27	2,42	2,22	2,37	2,77	2,74	1,81	1,46
30°	4,20	2,37	2,44	2,38	2,72	2,09	2,06	1,33
40°	4,24	2,96	2,92	2,64	1,95	3,53	1,98	1,48
50°	3,80	3,01		2,40	2,47			
60°	3,98	3,84	—	2,35	1,95	—	2,05	1,50
70°	4,34	2,55	—	2,69	2,79	2,35	1,70	1,44
80°	4,38	2,51	—	2,77	3,15	—		
90°	2,86	3,69	2,36	2,14	2,30	1,69	1,38	1,51
100°	3,86	2,99	—	1,99	1,66	—	1,81	1,37
110°	3,70	2,27	—	2,34	2,07	1,87		
120°	3,57	2,21	—	3,32	2,16	—	1,24	1,58
130°	3,32	2,06	2,41	3,02	1,78	2,12	1,21	1,62
140°	5,29	2,34		2,56	2,03			
150°	4,62	1,97	—	2,74	1,62	—	2,06	2,00
160°	3,14	2,85	—	2,42	2,55	1,75	1,48	1,96
170°	3,26	2,82	—	2,12	1,68	1,56	1,38	1,73
180°	2,92	2,88	1,90	1,79	1,34	1,25	0,94	1,09
190°	2,81	2,24	—	2,73	1,49	1,54	1,50	1,49
200°	3,59	2,70	—	2,73	3,23	1,84	1,11	1,55
210°	3,52	2,12	—	2,47	2,13	2,60	2,44	1,85
220°	4,71	3,25	2,62	2,83	2,49	2,74	1,80	1,40
230°	4,22	2,64		2,52	2,44			
240°	3,78	3,07	—	2,03	1,98	—	1,87	1,57
250°	3,51	2,04	—	2,11	2,16	2,17	1,71	1,27
260°	3,38	2,68	—	2,31	1,83	—		
270°	2,91	2,48	2,41	2,24	1,54	2,31	1,36	1,29
280°	3,39	2,87	—	2,96	1,65	—	1,48	1,86
290°	4,90	2,50	—	2,40	2,44	2,43		
300°	4,46	3,10	—	2,51	1,53	—	1,76	1,84
310°	3,07	2,32	2,24	2,59	2,38	3,05	1,93	1,67
320°	4,11	2,61		1,93	1,96	3,04		
330°	5,37	2,88	—	1,86	2,10	1,36	2,52	1,59
340°	4,77	2,46	—	2,57	1,87	1,64	1,78	1,73
350°	3,49	2,90	2,69	2,51	1,40	2,05	1,88	1,61
Mittel	3,78	2,66	2,45	2,44	2,07	2,11	1,67	1,55

2b) VF der Winkelhalbirungen im Sehfeld des linken Auges. Je 40 Versuche, für 10° nur je 20.

	5°	10°	20°	30°	45°	60°	75°
0°	2,37	1,53	1,58	1,52	1,43	1,32	1,14
10°	2,89	1,63	1,78	2,50	2,05	1,29	—
20°	—	—	2,31	—	2,85	—	—
30°	—	—	2,45	—	2,47	—	—
40°		2,19	—	2,18	—	—	1,72
50°	4,67	3,20	—		—	—	
90°	3,44	2,65	2,99	1,38	1,12	1,27	1,07
135°	—	3,28	—	2,38	—	—	—
150°	4,19	2,00	1,31	—	—	—	—
160°	3,47	1,93	1,76	2,08	1,62	1,68	1,01
170°	4,13	2,47	2,40	1,89	1,45	1,29	1,10
180°	2,62	1,71	1,64	1,24	1,35	1,19	0,88
190°	2,86	2,79	—	—	—	—	—
220°		2,61	—	1,91	—	—	1,35
230°	4,34	2,41	—		—	—	
270°	3,24	3,06	2,50	1,42	1,73	1,33	1,38
315°	—	3,61	—	2,77	—	—	1,70
330°	4,69	2,42	3,63	2,17	2,33	2,04	1,33
340°	2,72	1,77	2,40	1,95	1,36	1,79	1,12
350°	4,27	2,07	1,75	1,84	2,03	1,13	1,03
Mittel	3,56	2,41	2,19	1,94	1,82	1,43	1,24

Wir finden hier die verschiedensten Grössen des VF vertreten. So weit die Versuche ein und denselben Winkel betreffen, sind die Schwankungen regellos, unabhängig von der Lage des Winkels und wahrscheinlich nur zufällige. Berechnet man aber aus ihnen für jeden Winkel das Mittel, wie ich es am Schluss der Tabellen gethan habe, so werden anscheinend gesetzmässige Unterschiede dieser Durchschnittswerthe sichtbar: erstens ist jede Zahl aus dem linken Sehfeld etwas niedriger als die entsprechende Zahl aus dem rechten und zweitens nimmt in beiden Sehfeldern VF (in %) ab, wenn die Winkelgrösse wächst. Weder das eine, noch das andere lässt sich etwa auf den Einfluss der Uebung

zurückführen. Zwar habe ich mit dem linken Auge einen Winkel immer erst halbirt, wenn ich die Versuche betreffs desselben Winkels im rechten Sehfeld beendet hatte, und ich habe auch die Untersuchungen der Winkelgrösse nach auf einander folgen lassen. Indessen geschah letzteres nicht ausnahmslos: im linken Sehfeld bestimmte ich die scheinbaren Hälften  $= 30^\circ$  erst am Schluss der sämtlichen Vergleichen, d. h. nach  $75^\circ$ , und doch passt VF vollkommen in die Reihe zwischen  $20^\circ$  und  $45^\circ$  und nicht hinter  $75^\circ$ ; ferner waren die Messungen des kleinsten Winkels, die weitaus den grössten VF aufweisen, in beiden Sehfeldern die allerletzten, sie folgten erst auf  $30^\circ$  im linken Sehfeld. Eine Mitwirkung der Uebung will ich freilich nicht ganz ausschliessen. Denn diese machte sich sonst öfters auffällig bemerkbar. Aber in der Hauptsache muss es einen anderen Grund haben, dass das linke Auge etwas bestimmter zu urtheilen scheint als das rechte und dass meine Winkelhalbirungen im Sehfeld nicht dem psychophysischen Gesetz gehorchen.

Was den letzteren, wichtigeren Punkt anlangt, so könnte man noch versuchen, den absoluten variablen Fehler  $v$  in zwei Theile zu zerlegen, von denen der eine,  $a$ , für alle Winkel  $w_1, w_2$  u. s. f. dieselbe absolute Grösse, der andere,  $r$ , dieselbe relative Grösse besitzt, so dass

$$1) v = a + r \quad \text{und} \quad 2) \frac{r_1}{w_1} = \frac{r_2}{w_2} = \frac{r_3}{w_3} \dots$$

Diese Bedingungen wären noch am ersten erfüllt, wenn  $a = 0,1^\circ$  gewählt wird. Denn dann würde  $r$  in  $\%$  der geforderten Winkelhälften betragen

für $\frac{1}{2} \angle =$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$
rechts	1,78	1,66	1,78	1,94	1,74	1,89	1,50	1,42 $\%$
links	1,56	1,41	—	1,69	1,61	1,60	1,26	1,11 $\%$

Allein gegen das Ende der beiden Reihen hin tritt doch wieder eine unzweifelhafte Abnahme zu Tage. Und noch



weiter würde die relative Zahl für  $r$  sinken, wo es sich um Halbirungen von  $180^\circ$  handelt. Dies geht aus den Tabellen 3b und 4b hervor.

3b) VF der Halbirungen von  $180^\circ$  im Sehfeld des rechten Auges. Je 80 Versuche. VF (nicht etwa  $r$ ) in % von  $90^\circ$ . HH = Lage des halbirenden Halbmessers.

HH	VF	HH	VF	HH	VF	HH	VF
$0^\circ$	0,29	$90^\circ$	0,36	$180^\circ$	0,25	$270^\circ$	0,21
$10^\circ$	0,37	$100^\circ$	0,44	$190^\circ$	0,36	$280^\circ$	0,43
$20^\circ$	0,53	$110^\circ$	0,51	$200^\circ$	0,72	$290^\circ$	0,58
$30^\circ$	0,60	$120^\circ$	0,56	$210^\circ$	0,73	$300^\circ$	0,63
$40^\circ$	0,69	$130^\circ$	0,66	$220^\circ$	0,53	$310^\circ$	0,50
$50^\circ$	0,72	$140^\circ$	0,73	$230^\circ$	0,57	$320^\circ$	0,64
$60^\circ$	0,67	$150^\circ$	0,74	$240^\circ$	0,58	$330^\circ$	0,63
$70^\circ$	0,71	$160^\circ$	0,56	$250^\circ$	0,53	$340^\circ$	0,57
$80^\circ$	0,53	$170^\circ$	0,36	$260^\circ$	0,33	$350^\circ$	0,36

Mittel aus allen 2880 Versuchen: VF =  $0,53\%$ .

4b) VF der Halbirungen von  $180^\circ$  im Sehfeld des linken Auges. Je 40 Versuche. VF in % von  $90^\circ$ . HH = Lage des halbirenden Halbmessers.

HH	VF	HH	VF	HH	VF	HH	VF
$0^\circ$	0,22	$90^\circ$	0,23	$180^\circ$	0,23	$270^\circ$	0,19
$10^\circ$	0,37	$100^\circ$	0,31	$190^\circ$	0,31	$280^\circ$	0,34
$20^\circ$	0,54	$110^\circ$	0,45	$200^\circ$	0,39	$290^\circ$	0,56
$30^\circ$	0,62	$120^\circ$	0,52	$210^\circ$	0,64	$300^\circ$	0,64
$40^\circ$	0,55	$130^\circ$	0,49	$220^\circ$	0,57	$310^\circ$	0,58
$50^\circ$	0,52	$140^\circ$	0,59	$230^\circ$	0,47	$320^\circ$	0,73
$60^\circ$	0,69	$150^\circ$	0,92	$240^\circ$	0,70	$330^\circ$	0,67
$70^\circ$	0,63	$160^\circ$	0,52	$250^\circ$	0,51	$340^\circ$	0,59
$80^\circ$	0,48	$170^\circ$	0,35	$260^\circ$	0,41	$350^\circ$	0,39

Mittel aus allen 1440 Versuchen: VF =  $0,50\%$ .

Die Tabellen lassen ausserdem erkennen, was sonst höchstens angedeutet war, dass sich die vier Hauptrichtungen durch grosse Bestimmtheit der Einstellungen auszeichnen,

dass VF dort nur etwa halb so viel beträgt als im Mittel aus allen Versuchen zusammen. Auch noch in den benachbarten Lagen bleibt er weit unter dem Durchschnitt. Der Grund hierfür kann nicht zweifelhaft sein. Nur dann, wenn die Schenkel der scheinbar rechten Winkel genau oder annähernd in den vier Hauptrichtungen verlaufen, herrscht ja scheinbare Uebereinstimmung zwischen sämtlichen vier Quadranten.

Zum Schlusse einige Bemerkungen über den VF der Messungen, die ich sonst noch erwähnt habe. Im Blickfeld stellt sich VF gewöhnlich viel niedriger als im Sehfeld. Als Beispiel führe ich die beiden folgenden Tabellen an. Sie beziehen sich allerdings nur auf den Fall, dass der halbirende Halbmesser einer der vier Hauptrichtungen angehört; die Zwischenstellungen liefern aber nur wenig höhere Werthe.

VF der Winkelhalbirungen im Blickfeld des rechten Auges, in % der Winkelhälften. Je 40 Versuche.

	10°	15°	20°	30°	45°	60°	75°
0°	0,80	0,67	0,84	0,63	0,58	0,65	0,50
90°	0,73	0,75	1,37	0,79	0,93	0,77	0,70
180°	0,94	0,66	0,92	0,62	0,61	0,70	0,56
270°	0,60	0,65	0,98	0,75	1,01	0,73	0,59
Mittel	0,77	0,68	1,03	0,70	0,78	0,71	0,59

Mittel aus allen 1120 Versuchen: VF = 0,75%.

VF der Winkelhalbirungen im Blickfeld des linken Auges, in % der Winkelhälften. Je 40 Versuche.

	10°	20°	30°	45°	60°	75°
0°	0,80	0,88	0,76	0,75	0,62	0,72
90°	1,25	0,79	0,61	0,72	0,48	0,38
180°	0,73	1,00	0,62	0,69	0,59	0,52
270°	0,83	0,94	0,69	0,85	0,62	0,41
Mittel	0,90	0,90	0,67	0,75	0,58	0,51

Mittel aus allen 960 Versuchen: VF = 0,72%.

Im Sehfeld war VF zwei- bis dreimal so gross, ein Unterschied, wie wir ihn bei den Längenmessungen auch nicht annähernd angetroffen haben. Wie aus den beiden Tabellen weiterhin zu entnehmen ist, darf das psychophysische Gesetz auf die Versuche im Blickfeld allenfalls angewendet werden. Allein für die Winkelhälften  $= 75^\circ$  sinkt VF doch jedesmal am tiefsten und eine vollkommene Ausnahme bilden — gleichfalls nur senkrechte und wagrechte Lage des halbirenden Schenkels vorausgesetzt — die Halbierungen von  $180^\circ$  mit  $VF = 0,17\%$  und die von  $10^\circ$  mit  $VF = 1,27\%$ . Genau so verhält sich VF bei den Winkelmessungen mit beiden Augen:

VF der Winkelhalbierungen mit beiden Augen im Blickfeld, in  $\%$  der Winkelhälften. Je 40 Versuche.

	10°	15°	20°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	0,87	0,84	0,79	0,73	0,86	0,66	0,51	0,14
90°	0,77	0,91	1,14	1,09	1,32	0,97	0,69	0,17
180°	0,64	0,78	0,47	0,56	0,82	0,69	0,67	0,12
270°	0,53	0,91	0,95	0,98	0,93	1,04	0,74	0,14
Mittel	0,70	0,86	0,84	0,84	0,98	0,84	0,65	0,14

Mittel aus allen 1120 Versuchen für  $10^\circ - 75^\circ$ :  $VF = 0,81\%$ .

Die Einstellungen eines rechtwinkligen, senkrecht stehenden Kreuzes ferner haben ungefähr denselben VF wie die entsprechenden Halbierungen von  $180^\circ$ . Bei anderer Lage des Kreuzes kann aber VF mehr oder weniger wachsen. Und etwa doppelt so gross wird er in den Versuchen über den scheinbar senkrechten Meridian: ich fand im Mittel aus je 200 Einzelwerthen:

1) im Sehfeld		2) im Blickfeld		3) mit beiden
rechts	links	rechts	links	Augen
VF = $0,468^\circ$	$0,436^\circ$	$0,319^\circ$	$0,336^\circ$	$0,206^\circ$ oder
	in $\%$ von $90^\circ$			
= $0,52\%$	$0,48\%$	$0,35\%$	$0,37\%$	$0,23\%$

Die Fehler der drei Abtheilungen stehen zu einander in dem Verhältniss von 4:3:2. Links ist VF nicht kleiner als rechts; der geringe, aber regelmässige Unterschied, der in Tabelle 1b und 2b nachgewiesen wurde, tritt sonst nirgends wieder deutlich zu Tage.

Nach 100 Einstellungen der scheinbar senkrechten Decklinien endlich war im Durchschnitt  $VF = 0,22^\circ$ .

## II.

### Scheinbar gerade Linien des Sehfeldes.

Wenn wir grösste Kreise des kuglig gedachten Sehfeldes mit Hülfe der Richtungslinien auf eine Ebene projectiren, auf der die Gesichtslinie senkrecht steht, so bilden die Projectionen gerade Linien. Diese erscheinen uns jedoch nicht in allen Fällen geradlinig. So bleiben, Primärlage des Auges vorausgesetzt, zwar diejenigen Projectionen grösster Kreise auch für das Augenmaass unverändert geradlinig, die durch den Fixirpunkt gehen, d. h. die Meridiane. Alle übrigen aber erleiden scheinbar eine Krümmung und werden concav gegen den Fixirpunkt. Für diese Scheinkrümmung liesse sich wohl eine befriedigende Erklärung finden. Legt man durch den Fixirpunkt eine Parallele zu der Projection eines beliebigen grössten Kreises, so wird die gegenseitige Entfernung der beiden Linien, die überall gleiche Grösse hat, doch nicht überall unter demselben Gesichtswinkel gesehen; der Winkel ist am Fixirpunkt am grössten und nimmt von da nach beiden Seiten hin mehr und mehr ab. In Folge dessen müsste eben die nicht meridionale Gerade concav erscheinen, und dieselbe Vorstellung könnte für den Fall, dass der parallele Meridian fehlt, beibehalten werden. Als feststehend ist dabei freilich angenommen, dass die Meridiane, die ja durch ihre Lage bevorzugt sind und die der Wirklichkeit entsprechend

als geradlinig angesehen werden, den Ausgangspunkt für das Urtheil über die Richtung anderer Linien abgeben.

Umgekehrt liegt hiernach die Frage nahe, ob nicht die Parallelkreise zu einem Meridian oder besser ihre Projectionen scheinbar ungekrümmte Linien des ebenen Sehfeldes bei Primärstellung des Auges sind. Denn da der Abstand zwischen Meridian und Parallelkreis natürlich durchweg denselben Gesichtswinkel hat, so würden die beiden Projectionen einander parallel und somit die des Parallelkreises ebenfalls geradlinig erscheinen, wiewohl sie im Bogen, convex gegen den Fixirpunkt, verläuft. Hierüber habe ich in letzter Zeit, wo ich bereits an einen Zusammenhang zwischen der scheinbaren Sehfeldzusammenziehung und den Fehlern des Augenmaasses dachte, einige Versuche angestellt.

An einer senkrechten, schwarzen Tafel war in geringer Entfernung ( $6^{\circ}$  bis  $8^{\circ}$ ) von einem weissen Punkt, den ich mit dem rechten Auge, bei Primärlage desselben und mit rechtwinklig zur Tafel gerichteter Gesichtslinie, auf 18 cm Abstand fixirte, eine gerade Linie  $ac$  oder vielmehr nur ihre Endpunkte  $a$  und  $c$  angebracht und in der Mitte zwischen  $a$  und  $c$  wurde dann ein dritter Punkt  $b$  so lange hin und her geschoben, bis er mit jenen in einer Geraden zu liegen schien. Die Einstellungen erfolgten sehr unsicher, doch stimmten die Mittelwerthe darin überein, dass  $b$  zu nahe an den Fixirpunkt herangerückt wurde, dass sich also die scheinbar gerade Linie  $abc$  in Wirklichkeit convex gegen den Fixirpunkt krümmte. Und nach der Berechnung war die Krümmung etwas stärker als die der Projection eines „Parallelkreises“, nicht nur oben und aussen, wo sie den höchsten Grad zu erreichen schien, sondern auch unten und innen. Denkt man sich einen Meridian parallel zu der scheinbaren Geraden  $abc$ , so wäre demnach der Gesichtswinkel des Zwischenraumes zwischen den beiden Linien nicht überall gleich gross, sondern am Fixirpunkt am klein-

sten und peripheriewärts wachsend. Ganz so würde sich aber (nach Archiv für Ophthalmol. XXXVII, 1, S. 135 ff.) der Einfluss der scheinbaren Sehfeldzusammenziehung äussern, von der ja auch die Gradunterschiede in den einzelnen Sehfeldgegenden, wiewohl nur andeutungsweise, hervortreten.

Es ist jedoch hervorzuheben, dass während dieser Untersuchungen im Sehfeld, von den Randbezirken abgesehen, neben dem Fixirpunkt nur noch die drei Punkte a, b und c vorhanden waren. Eine ausgezogene Linie hätte wahrscheinlich, nach einigen Versuchen zu schliessen, eine weniger fehlerhafte Beurtheilung erfahren als die durch drei Punkte markirte Linie a.b.c. Noch weniger wird sich das eigentliche Maass der Grössenschätzungen geltend machen können, wenn die Linien zusammengesetzten Formen angehören. Endlich trägt vielleicht eine beträchtliche Länge der Linien ebenfalls dazu bei, die ursprüngliche, falsche Auffassung mehr und mehr richtig zu stellen; bei mir hatte ac nur eine Ausdehnung von  $18^{\circ}$  bis  $25^{\circ}$ . Deshalb wundert es mich nicht, dass ich z. B. die Projectionen von Richtkreisen des Blickfeldes, aus denen die Helmholtzsche Schachbrettfigur <sup>1)</sup> besteht, doch als gerade Linien (nebenbei körperlich) zu sehen vermag. Ferner dürfen die Versuche, in denen die Richtkreise u. s. w. selbst, z. B. am Cycloskop von Donders, zur Verwendung kamen, kaum ohne weiteres mit denen, die sich auf die Projectionen im ebenen Sehfeld beziehen, verglichen werden, da sich die Auslegung ein und desselben Netzhautbildes hier wohl verschieden gestalten kann. —

Alles dies reicht freilich meiner Meinung nach noch nicht hin, um die Ansicht, nach der die Richtlinien die scheinbar geraden Linien des Sehfeldes sein sollen, zu widerlegen. Namentlich haben meine eigenen Versuche be-

---

<sup>1)</sup> Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik. 1. Aufl. § 28.

schränkten Werth, da sie gering an Zahl sind und da ich mich nur wenig eingeübt hatte. Gleichwohl scheint es mir nicht mehr allzugewagt, wenn ich die Täuschungen über die kürzesten Abstände zwischen je zwei Sehfeldpunkten ebenso mit der scheinbaren Sehfeldzusammenziehung in Zusammenhang bringe wie die Fehler der Längenschätzungen und die der Vergleichung von Winkeln (darunter die Abweichung der scheinbar senkrechten Meridiane). Dann wären wenigstens alle Fehler des Augenmaasses, so verschiedenartig sie aussehen, auf einen einzigen zurückgeführt. —

---