Über den Parallelitätseindruck.

Von

Privatdozent Dr. Ernst Gellhorn und Dr. Ernst Wertheimer.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Halle.)

Mit 9 Textabbildungen.

(Eingegangen am 9. Februar 1922.)

So groß die Zahl der Untersuchungen ist, die quantitative Studien über die Feinheit des Augenmaßes an geraden Strecken und auch an Winkeln zum Gegenstand haben, so gering ist unsere Kenntnis über die Genauigkeit des Doppelauges, parallele Gerade herzustellen bzw. die Abweichung von der Parallelität zu erkennen. Es liegen zwar Untersuchungen über den Parallelitätseindruck von *Ernst Mach*¹⁾ vor; aber diese beschäftigen sich lediglich mit der Größe des variablen Fehlers, der bei der Aufgabe, eine Gerade parallel zu einer gegebenen Geraden einzustellen, beobachtet wird. Aus *Machs* Versuchen ergibt sich, daß der mittlere variable Fehler (aus 10 Versuchen berechnet) bei vertikaler und horizontaler Lage ein Minimum zeigt. Hingegen werden bei einer Abweichung von etwa 45° von der Vertikalen die größten variablen Fehler beobachtet. Leider findet sich in den Versuchen *Machs* keine Angabe über die Größe des konstanten Fehlers. Interessiert doch vom Standpunkte der Erforschung des räumlichen Sehens nicht nur die Bestimmtheit, mit der eine Gerade bei verschiedener Raumlage einer gegebenen Geraden parallel zu dieser eingestellt werden kann — die Bestimmtheit ist aus der Größe des mittleren variablen Fehlers ersichtlich —, sondern ganz besonders die Größe des konstanten Fehlers, die uns über die Richtung und die Größe der Abweichung des physiologischen Parallelitätseindruckes von der mathematischen Parallelität unterrichtet.

Mehrere Gesichtspunkte waren für unsere Untersuchungen maßgebend. Aus den Versuchen von *Bihler*²⁾ und *Fischer*³⁾ ist eine Periodizität des konstanten Fehlers bekannt, mit dem bei verschiedener Lage einer in einer Frontalebene gegebenen Geraden auf dieser Geraden das

¹⁾ *E. Mach*, Sitzungsber. der Mathemat.-naturw. Klasse d. k. Akademie d. Wiss., Wien **43**, II. Abt., S. 215. 1861.

²⁾ *W. Bihler*, Inaug.-Diss. Freiburg 1896.

³⁾ *R. Fischer*, Arch. f. Ophthalmol. **37**, 55, 1891.

Lot errichtet wird. Die Abweichung von 90° zeigt also bei der Aufgabe, einen scheinbar rechten Winkel einzustellen, wenn der eine Schenkel den Radius einer Kreisscheibe bildet und verschiedene Lageänderungen entsprechend einer Drehung von $0-360^\circ$ um die Vertikale erfährt, eine periodische Zu- und Abnahme. Bei der nahen Beziehung, die zwischen Parallelen einerseits und Winkeln andererseits besteht, — stellt man doch, wie später auseinandergesetzt werden wird, das Vorhandensein des Parallelitätseindrucks immer dann fest, wenn die gedachte Verlängerung der Geraden keinen Schnittpunkt zeigt —, war es nun interessant zu untersuchen, ob gemäß den Ergebnissen der genannten Autoren auch für den Parallelitätseindruck die Periodizität des konstanten Fehlers gilt. Weiter sollte festgestellt werden, wie die quantitative Änderung bzw. Ausschaltung verschiedener, bei dem Sehen mit 2 Augen in Tätigkeit tretender, Mechanismen (Akkommodation, Konvergenz) auf die Güte des Parallelitätseindrucks wirkt, und welche Beziehungen zwischen der Größe des Netzhautbildes und der Größe des konstanten Fehlers bestehen. Endlich wurde noch untersucht, mit welcher Genauigkeit 2 Gerade parallel zueinander eingestellt werden können, wenn diese sich in Ebenen befinden, die aus der Drehung der frontalen Ebene um die vertikale Achse resultieren.

Methodik.

Zu unseren Versuchen benutzten wir ebenso wie *Mach* 2 in einem Holzgestell befindliche metallene Kreisplatten, die um den Mittelpunkt mittels einer auf der Rückseite des Holzrahmens befindlichen Schraube drehbar sind und auf denen je ein Durchmesser eingraviert ist. Die Stellung des Durchmessers ist an einer Gradeinteilung ablesbar. Die Einteilung wird durch einen Karton, in dem 2 Kreisflächen von der gleichen Größe wie die drehbaren Kreisscheiben ausgeschnitten sind, verdeckt. Die Mittelpunkte der Kreisscheiben sind 70 mm voneinander entfernt; der Kreisdurchmesser beträgt 52 mm. Bei allen Versuchen befinden sich die Kreisscheiben in Augenhöhe. Von einer Fixation des Kopfes wird Abstand genommen, da zunächst einmal die scheinbare Parallelität unter optimalen Bedingungen festgestellt werden sollte und der Versuchsperson Augen- wie auch leichte Kopfbewegungen erlaubt waren. Von dem Versuchsleiter wird der Durchmesser (bzw. der Radius) in bestimmte Richtungen, die in allen Sitzungen mit derselben Versuchsperson konstant bleiben, eingestellt. Dann wird der Durchmesser der 2. Kreisscheibe bei abgewandtem Blick des Versuchsleiters von diesem langsam gedreht, bis die Versuchsperson „Halt“ sagt. An jedem Versuchstage werden 13 Einstellungen gemacht. Jeder Versuch wird an 2—3 aufeinanderfolgenden Tagen wiederholt. Die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Einstellungen war im allgemeinen eine so gute, daß von einer weiteren Wiederholung keine Änderung der erhaltenen Werte erwartet werden konnte. Dies ergaben auch einige an uns selbst ausgeführte Versuche direkt, bei denen die Versuche an 10 Tagen wiederholt wurden. Die Versuche sind teils an Myopen, teils an Emmetropen ausgeführt worden. Erstere machten die Einstellungen stets mit der zur Korrektur erforderlichen Brille. Den Tabellen bzw. Kurven ist der mittlere konstante Fehler zugrunde gelegt. Der konstante Fehler erhält ein positives Vorzeichen, wenn die Abweichung von der wahren Parallelen im Sinne des Uhrzeigers vorhanden ist.

Bezüglich der Refraktion und Sehschärfe gibt folgende Zusammenstellung Auskunft.

	Linkes Auge	Rechtes Auge
Vp. W.	+0,75 D $\frac{5}{5}$ — $\frac{5}{4}$	+0,75 D $\frac{5}{5}$ — $\frac{5}{4}$
Vp. G.	—2,25 $\ominus$ —cyl 0,75 D Achse $90^{\circ} \frac{5}{4}$	—2,0 $\ominus$ —cyl 1,0 D Achse $90^{\circ} \frac{5}{5}$
Vp. M.	—0,5 D cyl Achse 0° S- $\frac{3}{10}$	—4,0 D $\frac{5}{5}$
Vp. Sch.	—0,5 D $\frac{5}{5}$	—0,75 D $\frac{5}{5}$
Vp. H.	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{5}$

Die Beobachtung erfolgte stets bei Tageslicht am Vormittag in einem besonders hellen Zimmer. Ein Einfluß wechselnder Bewölkung hat sich nicht bemerkbar gemacht. Die Versuchsanordnung ist eine streng unwissentliche. Zu diesem Zweck werden auch ungleiche Abstände zwischen den verschiedenen Richtungen der Reizlinien, nach denen die 2. Gerade als Parallele eingestellt werden soll, gewählt, damit die Versuchsperson aus der Richtung ihrer 1. Einstellung keinen Anhaltspunkt für die folgende Einstellung hat.

Wie wichtig das vollkommen unwissentliche Verfahren für die Brauchbarkeit der Versuchsergebnisse ist, zeigte eine an uns selbst angestellte Versuchsreihe. Die Betrachtung der Fehlerkurve, die, wie die Untersuchungen lehren, bei frontaler Stellung der Kreisscheiben einen individuellen Verlauf zeigt, der auch unter wechselnden Versuchsbedingungen mit großer Zähigkeit bewahrt sind, genügt, um bei beiden Versuchspersonen die Kurvenform völlig zu ändern, und diese Änderung blieb während mehrerer Monate unvermindert bestehen.

I. Grundversuche.

Die Versuchsanordnung der 1. Versuchsreihe ist folgende:

Die Versuchsperson sitzt in 2 m Abstand vor den Kreisscheiben. Diese stehen genau in der Frontalebene. Der von der Versuchsperson aus gesehene linke Kreis enthält die „Reizlinie“, nach der die Einstellung des Durchmessers der rechten Kreisscheibe vorgenommen wird.

Abb. 1. Grundversuch. Kreisscheiben frontal in 2 m Abstand von der Versuchsperson. Als Reizlinie dient der Durchmesser des Kreises.

..... Vp. W. ——— Vp. H. - - - - Vp. G. - . . . - Vp. M. - - - - Vp. Sch.
Die Abszisse gibt in Graden den Winkel zwischen der Reizlinie und der Vertikalen an. Auf der Ordinate wird die Größe des konstanten Fehlers für jede Stellung der Reizlinie eingetragen. Findet die Abweichung im Sinne der Drehung des Uhrzeigers statt, so erhält er ein positives, im entgegengesetzten Falle ein negatives Vorzeichen.

Das Ergebnis der Versuche ist in Abb. 1 wiedergegeben. Besonders bemerkenswert erscheinen uns folgende Resultate. Zwischen den Kurven der einzelnen Versuchspersonen bestehen sehr bedeutende individuelle Variationen. Dennoch lassen sich mehrere Gesetzmäßigkeiten erkennen. Diese bestehen vor allem darin, daß der konstante Fehler bei Einstellung von Geraden, die nur wenig von der Horizontalen bzw. Vertikalen abweichen, ein Minimum zeigt. Dabei ist der konstante Fehler bei der Einstellung nahezu horizontaler Geraden deutlich geringer als bei vertikalen Linien. Hiermit stimmt auch der subjektive Eindruck überein, daß die Einstellung der erstgenannten Geraden am leichtesten ist und auch in der kürzesten Zeit gelingt.

Zwischen diesen beiden Minima zeigt die Kurve der konstanten Fehler eine ziemlich stetige Zu- und Abnahme. Eine Ausnahme hiervon bildet nur die Kurve der Versuchsperson M. Es ist nun schwierig, für den eigentümlichen, bei jeder Versuchsperson in anderer Form auftretenden, Verlauf eine Erklärung zu geben. Man wird für die Tatsache, daß bei gleichweit von der Vertikalen entfernten Stellungen der Reizlinie (nur daß die Drehung bald im Sinne des Uhrzeigers, bald entgegengesetzt erfolgt ist) Fehler von sehr verschiedener Größe und Richtung auftreten, zunächst Aufmerksamkeitsschwankungen verantwortlich zu machen suchen.

Allerdings spricht schon sehr gegen diese Deutung die Erfahrung, daß die Fehlerkurve für jede Versuchsperson während einer mehrere Monate dauernden Beobachtung im wesentlichen konstant bleibt.

Und auch an den Versuchspersonen G. und W. ausgeführte Versuche ergeben, daß die Reihenfolge, in der die verschiedenen Reizlinien dargeboten werden, völlig belanglos ist. Die Kurve der konstanten Fehler bleibt bei diesen Versuchspersonen dieselbe, gleichviel ob die Drehung der Reizlinie während der Sitzung im Sinne des Uhrzeigers oder entgegengesetzt vorgenommen wird. Es scheint dies darauf hinzudeuten, daß tiefgreifende psychologische Verschiedenheiten vorliegen¹⁾. Eine Entscheidung, ob außerdem noch die Augenbewegungen oder funktionelle Differenzen in den verschiedenen Teilen der Netzhaut als Ursache anzusehen sind, können erst weitere, unter Ausschluß von Augenbewegungen ausgeführte Versuche lehren.

Es ergibt sich also, daß auch der mittlere konstante Fehler, ebenso wie es *Mach* für den mittleren variablen Fehler nachweisen konnte, bei der horizontalen und vertikalen Lage der Reizlinie ein Minimum hat.

Hiermit stimmen nun Untersuchungen von *Guillery*²⁾, die uns erst nach Abschluß unserer Versuche bekannt wurden, nicht überein. Dieser

¹⁾ Vgl. die Ausführungen auf S. 545 über die Auffassung von parallelen Geraden als einer einheitlichen Gestalt.

²⁾ *Guillery*. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. **75**, 466. 1899.

Autor findet nämlich, daß die Schräg- und Vertikallage gegenüber der Horizontallage bevorzugt ist. Allerdings legt *Guillery* auf diese Unterschiede gegenüber den *Mach*schen Versuchen insofern keinen großen Wert, als er sie durch die Verschiedenheit der Versuchsanordnung erklärt und auch auf die minimalen absoluten Unterschiede hinweist. Dies letztere scheint uns der springende Punkt zu sein. Der Abstand der Geraden voneinander beträgt nämlich in *Gs.* Versuchen 1, 2 und 3 cm und die Abweichung von der Parallelität 1 mm auf 30 cm Länge. *Guillery* stellt nun fest, wie lang die Geraden sein müssen, damit ihre Abweichung von der Parallelität erkannt wird, und findet, daß die Unterschiede in den verschiedenen Lagen erst in der zweiten Dezimalstelle zum Ausdruck kommen.

Untersucht man aber die Bedingungen des Parallelitätseindrucks unter schwierigeren Verhältnissen (größerer Abstand der Geraden voneinander), so findet sich konstant eine Erhöhung des Fehlers bei Schräglagen. Hinweisen möchten wir aber auch darauf, daß die Untersuchungen *Guillerys* nur an dem Autor selbst vorgenommen wurden und somit sehr gut auch eine individuelle Besonderheit vorliegen kann.

II. Die Bedeutung der Größe des Netzhautbildes.

Nachdem durch diese Versuche die Kurve der konstanten Fehler von mehreren Versuchspersonen erhalten war, wiederholten wir die Versuche unter Variation des Abstandes der Versuchsperson von den Kreisscheiben. Die Versuche finden in 4 m, 2 m, 1 m und 33 cm Abstand statt. Die Ergebnisse sind für jede Versuchsperson in den Abb. 2—6 wiedergegeben. Sie zeigen ein völlig unerwartetes Resultat. *Denn es geht aus den Versuchen hervor, daß mit der Annäherung der Versuchsperson an die Kreisscheiben der konstante Fehler ganz bedeutend wächst.* Im folgenden sei die Summe der konstanten Fehler für jeden Abstand wiedergegeben.

Tabelle I.

Vp.	4 m	2 m	1 m	33 cm Abstand
W.	13,8	12,3	19,0	25,2
H.	—	9,5	13,5	18,8
G.	3,9	5,4	8,5	13,2
M.	6,9	10,7	19,1	31,1
Sch.	11,2	15,9	19,3	22,2

Die Zahlen geben die Summe der konstanten Fehler in Graden an.

Nur bei der Versuchsperson W. findet sich in dem in 4 m Abstand ausgeführten Versuche eine etwas höhere Fehlerzahl als in dem 2-m-Versuch. Der Unterschied ist aber so gering, daß er vernachlässigt werden

kann. Zudem ist natürlich anzunehmen, daß, wenn die Entfernung der Versuchsperson eine gewisse Grenze überschritten hat, aus rein optischen Gründen, weil die Erkennbarkeit der feinen Reizlinien jenseits

Abb. 2. Vp. M. Versuchsanordnung wie in Abb. 1.

Abb. 3. Vp. H.

Abb. 4. Vp. Sch.

des Auflösungsvermögens des Auges liegt, eine Zunahme des konstanten Fehlers eintreten muß. In der Tat sind nun die Reizlinien in 4 m Abstand schon schwer zu erkennen. Innerhalb der 2-m-Zone aber, in der die Reizlinien mühelos gesehen werden, erleidet die Regel, daß mit zunehmender Annäherung die Fehlerzahl eine Steigerung erfährt, keine Ausnahme. Dabei findet man, daß in 33 cm Entfernung die Fehlerzahl das Doppelte oder Dreifache (bei Versuchsperson M. sogar das Vierfache) des in den Versuchen mit 2 oder 4 m Abstand gefundenen Fehlerminimums beträgt.

In gleichem Sinne sprechen auch folgende Versuche. Während bisher die Größe des Netzhautbildes durch Varia-

tion des Abstandes der Versuchsperson geändert wurde, ist in weiteren Versuchen zum gleichen Zweck die Objektgröße durch Verwendung des Radius halbiert worden, während der Abstand der Versuchsperson der gleiche bleibt (2 m). Das Netzhautbild besitzt also die gleiche Größe wie bei einem 4-m-Versuch mit Benutzung des Kreisdurchmessers. Trotzdem sind die Versuchsergebnisse völlig verschieden. Die folgende Tabelle gibt über die Fehlersumme in einer Reihe derartiger Versuche Auskunft.

Tabelle II.

Vp.	Durchmesser in 4 m Abstand	Radius in 2 m Abstand	Durchmesser in 2 m Abstand	Radius in 1 m Abstand
W.	13,8	18,0	12,3	—
H.	—	—	9,5	19,0
G.	3,9	9,5	5,4	—
M.	6,9	12,5	10,7	—
Sch.	11,2	21,5	15,9	—

Abb. 5. Vp. W.

Die Versuche zeigen ausnahmslos, daß mit der Verkleinerung der Objektgröße eine bedeutende Zunahme der Fehlerzahl verbunden ist. Diese ist nicht allein größer als in den Versuchen mit 4 m Abstand und deshalb gleicher Netzhautbildgröße (da der Kreisdurchmesser als Objekt verwendet wird), sondern übertrifft auch die Fehlerzahl des in gleichem Abstände (2 m) mit dem Durchmesser als Reizlinie ausgeführten Versuches.

Abb. 6. Vp. G.

Zu den gleichen Ergebnissen führen auch Versuche, in denen die Kreisscheiben nicht wie bisher nebeneinander, sondern übereinander angeordnet sind. Als Reizlinie dient der Durchmesser bzw. Radius des oberen Kreises. Bei dieser Anordnung beträgt die Fehlersumme bei

Vp.	Durchmesser in 2 m Abstand	Radius in 2 m Abstand
W.	8,5°	17,9°
G.	8,9°	16,1°

Es zeigt sich also, daß mit der Verkleinerung des Netzhautbildes, wenn diese durch Änderung der Objektgröße verursacht wird, eine ganz bedeutende Zunahme des konstanten Fehlers einhergeht. Andererseits ergeben die obenmitgeteilten Versuche, daß mit der Verkleinerung des Netzhautbildes, wenn diese durch Zunahme der Entfernung der Versuchsperson vom Objekt herbeigeführt wird, gerade eine Verminderung der Fehlerzahl eintritt. Daraus ergibt sich unzweideutig der Schluß, daß innerhalb gewisser, durch das Auflösungsvermögen des Auges bedingter, Grenzen die Größe des Netzhautbildes keine wesentliche Bedeutung für die Schärfe des Parallelitätseindrucks besitzt.

Weiter aber möchten wir darauf hinweisen, daß trotz der bedeutenden Änderung, die die Fehlergröße bei Variation der zwischen Objekt und Versuchsperson gelegenen Distanz erkennen läßt, dennoch im allgemeinen die Richtung des konstanten Fehlers sowie die Größenbeziehung, die zwischen den konstanten Fehlern bei Einstellung von Parallelen in verschiedenen Radien besteht, gewahrt bleibt. Dies äußert sich, wie aus den Abb. 2—6 hervorgeht, in der unter verschiedenartigen Versuchsbedingungen (Abstand von 33 cm bis 4 m) erhaltenen individuellen Konstanz der Fehlerkurven der einzelnen Versuchspersonen.

III. Die Bedeutung der Konvergenz und Akkommodation.

Die Versuchsergebnisse des vorigen Abschnittes erfordern eine weitere Aufklärung. Wenn die Änderung des Netzhautbildes unter verschiedenen Bedingungen völlig divergente Resultate zeitigt, so ist zunächst daran zu denken, daß noch andere Faktoren eine Rolle spielen, und diese bei Änderung der Objektgröße bzw. bei Annäherung oder Entfernung der Versuchsperson vom Objekt, die zu der gleichen Größe des Netzhautbildes führen, in verschiedenem Maße in Tätigkeit treten. Es liegt nahe, diese Faktoren in der Akkommodation und Konvergenz zu vermuten. Allerdings ist es von vornherein unwahrscheinlich, eine vollständige Erklärung unserer Versuche durch Verstärkung bzw. Ausschaltung von Akkommodation und Konvergenz zu erwarten. Denn diese Mechanismen kommen eigentlich nur zur Erklärung der Fehlerzunahme mit steigender Annäherung der Versuchsperson an die Kreisscheiben in Frage. Sie können aber niemals die Fehlerzunahme bei Verkleinerung der Objektgröße erklären, zumal die Größe des Netzhautbildes nach den oben mitgeteilten Versuchen ziemlich irrelevant zu sein scheint (vgl. die Versuche in 2 m und 4 m Abstand).

Die Akkommodation wurde durch mehrfaches Einträufeln von Homotropin ausgeschaltet. Bei der emmetropen Versuchsperson W. wird die verminderte Brechkraft der Linse durch Vorsetzung von +3 D kompensiert. Die Konvergenz wird in weiteren Versuchen

ausgeschaltet bzw. verstärkt, indem ein Prisma von 3° mit der brechenden Kante temporal bzw. nasal vorgesetzt wird.

Die Summe der konstanten Fehler unter diesen Versuchsbedingungen ist in Tab. III, ihre Verteilung auf die verschiedenen Richtungen der Reizlinie in Tab. IVa und b enthalten.

Vergleichen wir die Fehlerzahlen in diesen Versuchen mit dem Kontrollversuch in 33 cm und 2 m Abstand, so ergibt sich folgendes: Die Ausschaltung der Akkommodation gibt bei den beiden Versuchspersonen etwas verschiedene Resultate. Während Versuchsperson G. eine etwas geringere Fehlerzahl als im Kontrollversuche in 33 cm Abstand zeigt, ist diese bei Versuchsperson W. erhöht. Die Differenzen aber gegenüber den Kontrollversuchen sind nicht so groß, um überhaupt

Tabelle III.

Vp.	Nach Homotropin	Mit Prisma 3° temporal	Mit Prisma 3° nasal	Kontrollversuch	Kontrollversuch in 2 m Abstand
G. (Myop)	10,1	10	14,0	13,2	5,4
W. (Emmetrop)	32,1	14,5	26,0	25,2	12,3

Der Abstand beträgt stets 33 cm.

Tabelle IVa.

Versuchsperson G.

Versuchsperson W.

Reizlinie ¹⁾	Mit Prisma 3° brechende Kante nasal mittlerer const. Fehler in Grad	Mit Prisma 3° brechende Kante temporal mittlerer const. Fehler in Grad	Reizlinie	Mit Prisma 3° brechende Kante nasal mittlerer const. Fehler in Grad	Mit Prisma brechende Kante temporal. Mittlerer const. Fehler in Grad
Grad			Grad		
3	+ 0,5	— 0,5	0	— 1,0	— 1,0
14	+ 0,5	— 1,5	13	— 3,0	— 2,0
34	+ 1,0	— 1,5	32	— 3,0	$\pm$ 0
42	+ 2,0	— 0,5	43	— 1,0	$\pm$ 0
63	+ 2,0	+ 2,0	60	— 2,5	+ 0,5
75	+ 1,5	+ 1,5	72	+ 1,0	— 0,5
92	$\pm$ 0	$\pm$ 0	93	+ 0,5	+ 1,5
104	+ 2,0	+ 1,5	106	— 1,0	— 0,5
118	+ 1,0	$\pm$ 0	121	— 2,5	+ 1,0
135	$\pm$ 0	+ 0,5	138	— 4,0	— 4,0
154	+ 1,5	+ 0,5	150	— 3,5	— 2,0
166	+ 1,0	$\pm$ 0	167	— 3,0	— 1,5
182	+ 1,0	$\pm$ 0	181	— 1,0	$\pm$ 0

¹⁾ Die Zahlen geben den Winkel in Graden an, den die gegebene Gerade mit den Vertikalen bildet.

Sämtliche Versuche finden in einem Abstand von 33 cm statt.

Tabelle IVb.

Versuch in 33 cm Entfernung nach Anwendung von Atropin.

Versuchsperson G.		Versuchsperson W.	
Reizlinie Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad	Reizlinie Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad
3	+ 0,5	0	— 1,7
14	— 0,2	13	— 3,5
34	+ 0	32	— 3,5
42	+ 1	43	— 2,2
63	+ 1,7	60	— 2,5
75	+ 1,5	72	— 0,5
92	+ 0,5	93	+ 0,5
104	+ 1,5	106	+ 0,5
118	+ 0,2	121	— 3,2
135	+ 0,5	138	— 4,7
154	+ 1,0	150	— 3,3
166	+ 1,0	167	— 4,0
182	+ 0,5	181	— 2,0

einen entscheidenden Einfluß der fehlenden Akkommodation auf die Schärfe des Parallelitätseindrucks feststellen zu lassen. Subjektiv haben beide Versuchspersonen den Eindruck, daß durch die Akkommodationslähmung der Versuch bedeutend erschwert wird. Es kann dies aber auch auf ein sekundäres Moment, die durch die maximale Pupillenerweiterung bewirkte Blendung, zurückzuführen sein. Von Wichtigkeit aber erscheint uns die Tatsache, daß durch Akkommodationslähmung auch bei Versuchsperson G. die geringe Fehlerzahl, die in den Versuchen mit 2 und 4 m Abstand vorhanden ist, nicht im entferntesten erreicht wird.

Die Verstärkung der Konvergenz durch Vorsetzen von prismatischen Gläsern mit nasalgelegener brechender Kante ergibt bei beiden Versuchspersonen die gleichen Fehlerzahlen wie in dem Kontrollversuche. Dagegen ist die Verminderung der Konvergenz durch Vorsetzen entsprechender prismatischer Gläser mit einer bei Versuchsperson W. besonders deutlichen Abnahme der Fehlerzahl verbunden. Die geringe Abnahme bei Versuchsperson G. dürfte bedeutungslos sein.

Aus diesen Versuchen ergeben sich folgende Schlüsse. Der Akkommodation kommt kein sicherer ursächlicher Anteil an der mit zunehmender Annäherung der Versuchsperson an die Kreisscheiben verbundenen Erhöhung der Fehlerzahl zu. Dagegen ist ein solcher der Konvergenz zuzuschreiben. Die Tatsache aber, daß die Verminderung der Fehlerzahl nach Beseitigung der Konvergenz bei Versuchsperson G. ausbleibt, weist darauf hin, daß die Konvergenz nicht die einzige Ursache des in Rede stehenden Phänomens ist¹⁾.

Wir werden der Erklärung des gesamten Tatsachenkomplexes dadurch näher kommen, daß wir die Ergebnisse der physiologischen Analyse in Beziehung setzen zu den psychischen Erfahrungen der Versuchspersonen. Es ist kein Zweifel, daß bei allen Versuchspersonen mit der Annäherung an die Kreisscheiben die Einstellung der Parallelen wesentlich erschwert wird. Und zwar liegt dies daran, daß das gleichzeitige Erfassen der Durchmesser nicht oder nur zum Teil gelingt. *Die Überschaubarkeit ist durch die Annäherung wesentlich verschlechtert worden.* Das gleichzeitige Erfassen beider Durchmesser aber ist psychisch wesentlich von dem nun allein angewandten Verfahren verschieden, in dem die Versuchsperson *nacheinander* die Richtung der beiden Geraden miteinander vergleicht und beurteilt, ob etwa ihre Verlängerungen sich im Endlichen schneiden. Dieses gleichzeitige Erfassen der beiden Geraden schafft zwischen beiden Geraden eine innige Beziehung im Sinne einer Gestalt. Und wenn wir, fußend auf dem bei einzelnen Versuchspersonen deutlich auftretenden Gestalterlebnis, unsere Ergebnisse in dieser Richtung beleuchten, so werden auch die bisherigen Diskrepanzen eine Erklärung finden.

Einmal ist dieses Gestalterlebnis individuell in sehr verschiedenem Grade vorhanden, und schon dadurch ist es wahrscheinlich, daß die Gestaltauffassung bei den einzelnen Versuchspersonen eine ungleiche Bedeutung für die Schärfe des Parallelitätseindruckes besitzt. Daß aber die Gestaltauffassung bei allen Versuchspersonen eine erhebliche Rolle spielt, auch wenn die Selbstbeobachtung nur geringe Anhaltspunkte hierfür liefert, dürfte aus folgenden zwei Tatsachen hervorgehen.

Erstens haben unsere Untersuchungen gezeigt, daß die Größe des Netzhautbildes keine maßgebende Rolle für die Feinheit des Parallelitätseindruckes spielt; wohl aber hatte die Änderung der Größe des Objekts eine hervorragende Bedeutung, auch wenn bei Verkleinerung der Objektgröße durch Wahl des passenden Abstandes das Netzhautbild gleichgroß geblieben war. Eine Erklärung für dieses eigenartige Verhalten liegt in folgendem: Die scheinbare Größe der zu betrachtenden Geraden erfährt innerhalb der in unseren Versuchen verwendeten Distanzen keine deutliche Änderung, wenn auch die Größe des Netzhautbildes sehr verschieden ist. Wohl aber ändert sich die *scheinbare* Größe der Geraden ganz bedeutend, wenn wir den Radius an Stelle des Durchmessers verwenden, auch dann, wenn durch eine geeignete

¹⁾ Wir möchten die Ergebnisse der Atropin- und der mit verstärktem oder vermindertem Konvergenzgrad ausgeführten Versuche nur als vorläufige ausgefaßt wissen. Die Bedeutung von Akkommodation und Konvergenz soll an einem größeren klinischen Material unter Berücksichtigung der Refraktionsanomalien untersucht werden.

Distanz die Größe des Netzhautbildes unverändert bleibt. Nicht die wahre Größe des Netzhautbildes also, sondern die scheinbare Größe des Objektes ist in erster Linie für die Schärfe des Parallelitätseindrucks maßgebend.

Da nun in Versuchen von *Fuchs*¹⁾ an Hemianopikern ebenfalls die Bedeutung der scheinbaren Objektgröße und nicht der Größe des Netzhautbildes für die Gestaltanregung hervorgehoben wird, so dürfte in dem Nachweis der Bedeutung der scheinbaren Größe ein indirekter Beweis liegen, daß bei dem Parallelitätseindruck unter unseren Versuchsbedingungen Gestaltprozesse²⁾ stattfinden. Zweitens aber leidet, wie hervorgehoben, mit der Annäherung der Versuchsperson auch die Überschaubarkeit und von dieser ist den Untersuchungen von *Fuchs* zufolge ebenfalls der „Gestaltanregungsfaktor“ abhängig.

*Zusammenfassend ergibt sich also, daß neben der Zunahme der Konvergenz die geringere Überschaubarkeit, die die Auffassung der Parallelen als einer einheitlichen Gestalt erschwert, für die Erhöhung der Fehlerzahl bei Annäherung verantwortlich gemacht werden muß. In diesem Sinne ist auch die relative Irrelevanz der absoluten Größe des Netzhautbildes und die maßgebende Bedeutung der scheinbaren Größe des Objektes aufzufassen.*³⁾

IV. Die Bedeutung der Raumlage des Objektes für den Parallelitätseindruck.

Die Fehlerkurven der einzelnen Versuchspersonen, die bei Einstellung der Parallelen in 2 m Entfernung beobachtet werden, tragen, wie oben auseinandergesetzt wurde, ein individuelles Gepräge. Und zwar ist nicht nur die Größe, sondern auch die Richtung des Fehlers bei den verschiedenen Versuchspersonen sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen. Weil nun die Fehlerkurve für jede Versuchsperson charakteristisch ist und auch unter wechselnden physiologischen Bedingungen, wie sie durch Variation der Größe des Netzhautbildes, des Konvergenz-

¹⁾ *Wilhelm Fuchs*, Untersuchungen an Hemianopikern und Hemiambiopikern II. Zeitschr. f. Psychol. **86**, 1. 1921.

²⁾ Vgl. hierzu *Max Wertheimer*, Psychologische Forschung **1**. 1921.

³⁾ Übrigens finden sich auch in der Arbeit *Guillerys* (l. c.) Anhaltspunkte, daß parallele Geraden als „Gestalt“ aufgefaßt werden. Es zeigt sich nämlich, daß das Augenmaß bei der Beurteilung des Längenunterschiedes zweier Geraden viel feiner ist als bei der Feststellung der eben merklichen Abweichung der Geraden von der Parallelität. — Deshalb stehe „der Beobachter unter dem Zwange einer optischen Täuschung, welche verhindert, daß das Augenmaß in bezug auf die Beurteilung der Zwischenräume in derselben Weise wie unter anderen Versuchsbedingungen funktionieren kann“. Und in Anlehnung an *Lipps* meint er, „daß bei zwei nebeneinander laufenden Linien die Vorstellung gleicher Richtung solange wie möglich festgehalten wird, so daß die Unterschiede in dem Zwischenräume weniger deutlich hervortreten“. (l. c. S. 490).

und Akkommodationsgrades herbeigeführt werden, trotz Änderung der absoluten Fehlerzahl erhalten bleibt, ist wohl anzunehmen, daß sie Ausdruck der nicht näher definierbaren psychischen Persönlichkeit der Versuchsperson ist. Es fragte sich aber für uns, ob nicht ebenso wie unter bestimmten Versuchsbedingungen die Größe der Fehlerzahl bei *allen* Versuchspersonen gewissen Gesetzen folgt, wenn auch die in-

dividuelle Kurvenform erhalten bleibt, unter anderen Umständen auch diese verschwinden und für alle Versuchspersonen Fehlerkurven von einem ganz bestimmten Typus auftreten können. Dies ist nun in der Tat der Fall. Hierzu ist es notwendig, daß die Kreisscheiben nicht wie bisher in einer genau frontalen Ebene betrachtet werden, sondern ihre Ebene um die Vertikale gedreht wird. Als Beispiele seien aus zahlreichen mit ähnlichen Modifikationen der Stellung der Kreisscheiben ausgeführten Versuchen, die stets bei der Feststellung der Schärfe des

Abb. 7. Die Ebene der Kreisscheiben steht in einem Winkel von 45° zur Frontalebene, so daß diese von links vorn nach rechts hinten verlaufen. Reizlinie ist der Durchmesser der linken, vorderen Kreisscheibe. - - - Vp. W. — Vp. H. - - - Vp. G. ... Vp. Sch.

Parallelitätseindrucks bei allen Versuchspersonen zu einem einheitlichen Typus der Fehlerkurve führen, die Ergebnisse an der Hand von Abb. 7 und 8 erläutert. In diesen Versuchen werden die Kreisscheiben um das in der Mitte der Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte errichtete Lot um 45° gedreht, so daß sie, von der Versuchsperson aus betrachtet, in der Richtung von links vorn nach rechts hinten verlaufen. In den Versuchen der Abb. 7 ist als Reizlinie der Durchmesser der vorderen (linken), in Abb. 8 derjenige der rechten (hinteren) Kreisscheibe gewählt. Die Versuchsperson beobachtet stets im Abstand von 2 m.

Aus den Versuchen ergibt sich, daß bei allen Versuchspersonen, wenn auch hier die Größe der Fehler bei den einzelnen Beobachtern natürlich verschieden ist, bei der ersten Konstellation (Reizlinie vorn, Abb. 7) bei der Einstellung von Parallelen zu Reizlinien, die einen

Winkel von $0-90^\circ$ mit der Vertikalen bilden, diese stets entgegengesetzt der Drehung des Uhrzeigers abweichen. Bei weiterer Drehung der Reizlinien (von $90-180^\circ$) findet dagegen eine Abweichung im Sinne des Uhrzeigers statt. Bei gleicher Stellung der Kreisscheiben findet man nun den genau entgegengesetzten Verlauf der Fehlerkurve, wenn als Reizlinie der Durchmesser der hinteren Kreisscheibe dient. Diese eigentümlichen Fehlerkurven besagen also, daß beim Verlauf der Kreis-

Abb. 8. Die Ebene der Kreisscheiben steht in einem Winkel von 45° zur Frontalebene, so daß diese von links vorn nach rechts hinten verlaufen. Reizlinie ist der Durchmesser der rechten hinteren Kreisscheibe. - - - - Vp. W. — — — Vp. H. - - - Vp. G. ... Vp. Sch.

scheiben in einem Winkel von 45° zur Frontalebene von links vorn nach rechts hinten im ersten Teil der Kurve der Parallelitätseindruck besteht, wenn die beiden Durchmesser „in Wirklichkeit“ nach oben konvergieren. Im zweiten Teil der Kurve aber — bei Drehung der Reizlinie von 90 bis 180° — scheinen sie parallel zu verlaufen, wenn sie in Wahrheit nach unten zu konvergieren.

Betrachten wir nun den Verlauf der Fehlerkurve in dem Versuch der Abbildung 8, so sehen wir, daß sie gerade den umgekehrten Verlauf nimmt. Bei Drehung der Reizlinie von $0-90^\circ$ weicht die scheinbare Parallele im Sinne der Uhrzeigerdrehung, von $90-180^\circ$ aber im entgegengesetzten Sinne ab. Zunächst erscheint es paradox, daß die Fehlerkurven bei gleicher Raumlage der Kreisscheiben einen völlig entgegengesetzten Verlauf nehmen, wenn in dem einen Versuche der vordere (linke Kreisscheibe) und in dem anderen der hintere Durchmesser (rechte Kreisscheibe) als Reizlinie dient. Tatsächlich aber erfüllt dieses Verhalten der Fehlerkurven ein logisches Postulat. Denn wenn bei der erwähnten Raumlage der Kreisscheiben der Parallelitätseindruck in der ersten Hälfte der Einstellungen bei tatsächlicher Konvergenz der Durchmesser nach oben auftritt und in der zweiten Hälfte an die Konvergenz der Geraden nach unten gebunden ist, so muß, wie eine einfache

Überlegung zeigt, der Verlauf der Fehlerkurve bei Verwendung des linken (vorderen) Durchmessers als Reizlinie das Spiegelbild der Fehlerkurve ergeben, die bei Verwendung des rechten (hinteren) Durchmessers als Reizlinie erhalten wird.

Untersucht man nun die Bedingungen des Parallelitätseindrucks, wenn die Kreisscheiben die zu der eben besprochenen symmetrische Raumlage besitzen, d. h. wenn sie unter einem Winkel von 45° mit der Frontalebene von *rechts vorn* nach *links hinten* verlaufen, so ergibt sich wiederum eine ganz charakteristische Fehlerkurve.

In Abb. 9 ist die Fehlerkurve der ersten schrägen Raumlage (Kreisscheiben von links vorn nach rechts hinten) ausgezogen, die der zweiten Raumlage (Kreisscheiben von rechts vorn nach links hinten) gestrichelt. Man sieht, daß die Fehlerkurve der zweiten Lage gerade umgekehrt wie die der ersten verläuft. Hieraus

Abb. 9. Kurve der Vp. W. Die ausgezogene Kurve stammt von Versuchen mit Verlauf der Kreisscheiben von links vorn nach rechts hinten (wie in Abb. 7). Die gestrichelte Kurve gibt die Fehlerkurve bei Verlauf der Ebene der Kreisscheiben von rechts vorn nach links hinten wieder. Der Winkel zwischen der Ebene der Kreisscheiben und der Frontalebene beträgt 45° . Als Reizlinie dient stets der Durchmesser der vorderen Kreisscheibe.

geht nun hervor, daß der Parallelitätseindruck bei der zweiten Lage unter den genau entgegengesetzten Bedingungen eintritt wie bei der ersten Lage. Denn bei Drehung der Reizlinie von $0-90^\circ$ (Reizlinie vorn) besteht bei Lage II Parallelitätseindruck bei Konvergenz der Geraden nach unten, bei weiterer Drehung der Reizlinie aber (schwach) nach oben. Weitere Versuche, auf deren graphische Wiedergabe aus Raumangel verzichtet sei (vgl. Tab. V—VI), zeigen auch hier wieder, wie logisch gefordert, eine Umkehrung der Fehlerkurve bei Verwendung des *hinteren* Durchmessers als Reizlinie.

Des weiteren ergeben sich aus diesen Versuchen noch folgende Tatsachen. Ebenso wie bei der Einstellung von Parallelen, wenn die Kreisscheiben in der Frontalebene stehen, der konstante Fehler bei Geraden, die nur wenig von der Horizontalen abweichen, ganz bedeutend geringer ist als bei entsprechender vertikaler Richtung der Durchmesser, findet sich auch in den besprochenen Versuchen mit schräger Raumlage dasselbe Verhalten, und andere der Kürze wegen nicht weiter angeführte

Tabelle V.

Versuchsperson W. Die Ebene der Kreisscheibe steht in einem Winkel von 45° zur Frontalebene:

Von links vorn nach rechts hinten verlauf.: Reizlinie vorn			Von links vorn nach rechts hinten verlaufend: Reizlinie hinten		
Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad	Von rechts vorn nach links hinten verlaufend: Const. Fehl. Grad	Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad	Von rechts vorn nach links hin- ten verlaufend: Mittlerer const. Fehler in Grad
0	— 1,0	+ 2,8	0	+ 0,25	— 2,2
13	— 3,5	+ 7,0	13	+ 4,7	— 2,5
32	— 6,0	+ 3,7	32	+ 6,7	— 2,0
43	— 2,5	+ 4,0	43	+ 5,5	— 1,2
60	— 2,5	+ 4,5	60	+ 4,0	— 3,0
72	— 0,5	+ 1,5	72	+ 0,5	+ 0,5
93	+ 1,0	+ 0,25	93	± 0	+ 0,5
106	+ 1,5	+ 0,5	106	— 0,5	+ 0,5
121	+ 2,0	+ 0,25	121	— 3,0	+ 1,5
138	+ 2,0	± 0	138	— 3,0	+ 0,5
150	+ 1,5	+ 1,0	150	— 0,7	— 1,5
167	+ 1,5	— 2,8	167	— 2,2	— 1,7
181	— 1,3	+ 3,25	181	— 0,7	— 1,2

Tabelle VI.

Versuchsperson G. Die Ebene der Kreisscheibe steht in einem Winkel von 45° zur Frontalebene:

Von links vorn nach rechts hinten verlaufend:			Von links vorn nach rechts hinten verlaufend:		
Reizlinie ¹⁾ vorn	Mittlerer const. Fehler in Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad	Reizlinie hinten	Mittlerer const. Fehler in Grad	Mittlerer const. Fehler in Grad
3	± 0	+ 0,5	3	+ 1,5	+ 1,0
14	— 1,3	+ 4,0	14	+ 2,5	— 1,0
34	— 1,0	+ 2,0	34	+ 3,7	— 1,5
42	± 0	+ 1,0	42	+ 0,7	— 1,0
63	+ 1,0	— 0,5	63	+ 1,7	± 0
75	— 0,5	± 0	75	± 0	+ 0,5
92	+ 0,5	± 0	92	— 0,5	± 0
104	+ 1,0	± 0	104	— 1,2	+ 2,0
118	— 0,3	+ 2,0	118	— 2,5	+ 1,2
135	+ 2,0	+ 1,5	135	+ 0,2	+ 1,0
154	+ 2,0	— 1,0	154	— 1,0	+ 1,5
166	+ 1,5	— 0,5	164	± 0	+ 1,7
182	— 0,3	± 0	182	+ 2,5	± 0

¹⁾ Die Zahlen geben die Winkelgrade an, die die Reizlinie mit der Vertikalen bildet.

Versuche bei anderen Raumlagen, wenn z. B. die Kreisscheiben *übereinander* liegen, bestätigen dies. Gerade für die schrägen Raumlagen erscheint dies deshalb bemerkenswert, weil gerade die fast horizontal gelegenen Durchmesser am meisten unter perspektivischer Verkürzung gesehen werden. Auch subjektiv erscheint die Einstellung fast horizontaler Parallelen sehr viel leichter als entsprechender beinahe vertikal stehender Geraden. Daß aber die Verkleinerung des Netzhautbildes (infolge der perspektivischen Verkürzung keinen nachteiligen Einfluß ausübt, ist wohl ebenso wie die weiter oben besprochenen Versuche dadurch zu erklären, daß die *scheinbare* Größe der Geraden, die ja für den Parallelitätseindruck, wie nachgewiesen wurde, von großer Bedeutung ist, keine wesentliche Änderung erfährt.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Fehlerkurven im allgemeinen ein kontinuierliches Steigen und Fallen zeigen, so daß die größten Fehler bei den etwa in der Mitte zwischen der Horizontalen und der Vertikalen gelegenen Schräglagen festgestellt werden. Ferner sei hervorgehoben, daß die an den beiden Verfassern nach fast 3 Monaten wiederholten Einstellungen von Parallelen bei schräger Lage der Kreisscheiben zu nahezu unveränderten Fehlerkurven führten.

Es ergibt sich also, daß bei der Einstellung von Parallelen, wenn die Kreisscheiben in einem bestimmten Winkel zur Frontalebene stehen, die Fehlerkurven aller Versuchspersonen ihr individuelles Gepräge verlieren und sich nur noch durch die Fehlergröße, nicht ihre Richtung unterscheiden. Dabei zeigt sich, daß der Parallelitätseindruck bei linker bzw. rechter Raumlage unter entgegengesetzten Bedingungen eintritt. Endlich wird der Nachweis erbracht, daß auch bei derselben schrägen Raumlage die Bedingungen der scheinbaren Parallelität im Verlauf der Drehung der Reizlinie um 180° eine völlige Umkehrung erfahren. Dabei tritt diese Änderung sehr allmählich ein. Denn der Verlauf der Fehlerkurve ist derartig, daß bei nahezu vertikaler und horizontaler Lage der Reizlinien die Minima liegen und zwischen diesen eine allmähliche Zu- und Abnahme der Fehler auftritt. Der Umschlag (aus der positiven Richtung der Fehler in die negative oder umgekehrt) liegt etwa bei der Horizontalen. Wir sehen also, daß unter bestimmten Bedingungen (Schräglage der Kreisscheiben) eine Periodizität der Größe des konstanten Fehlers auch bei Einstellung paralleler Geraden in Erscheinung tritt, wie sie in den Versuchen von Bihler und Fischer für die Betrachtung des rechten Winkels nachgewiesen wurde.

Aus der Tatsache aber, daß unter gewissen Bedingungen (z. B. frontale Einstellung der Kreisscheiben) sich bedeutende individuelle Variationen zwischen den einzelnen Versuchspersonen zeigen, möchten wir gerade für quantitative Studien auf dem Gebiete des Raumsinnes die

Forderung aufstellen, stets an mehreren Versuchspersonen die Versuche auszuführen. Denn so wichtig auch lang durchgeführte Versuchsreihen einer einzelnen Versuchsperson sind, so scheint es doch überaus fraglich ob den auf diese Weise erhaltenen Ergebnissen eine allgemeinere Bedeutung zukommt¹⁾. Da es weiterhin sehr wahrscheinlich ist, daß auch Refraktionsanomalien die Ergebnisse in bestimmter Richtung beeinflussen²⁾, so wird der eine von uns (*Gellhorn*) später auf Grund eines größeren Materials hierüber berichten. Ebenso soll die Bedeutung der Augenbewegungen und die monokulare Betrachtung von Parallelen Gegenstand einer weiteren Mitteilung sein.

Ergebnisse.

Die wesentlichsten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Wird der Durchmesser einer in der Frontalebene befindlichen Kreisscheibe um seinen Mittelpunkt gedreht und besteht für die Versuchsperson die Aufgabe, eine zweite in derselben Ebene liegende Gerade parallel zu der Reizlinie einzustellen, so zeigt die Kurve der konstanten Fehler bei den einzelnen Versuchspersonen ein verschiedenes Verhalten, bleibt aber für jede Versuchsperson insofern charakteristisch, als sie während Monaten keine Veränderung zeigt und auch bei Änderung der Versuchsbedingungen (Variation der Objektgröße und des Abstandes der Versuchsperson von der Kreisscheibe) in ihrem Typus erhalten bleibt.

2. Mit zunehmender Annäherung der Versuchsperson an die Kreisscheiben nimmt die Summe der konstanten Fehler zu. Hieran ist nur zum Teil die Zunahme der Konvergenz beteiligt. Im wesentlichen ist hierfür die geringere Überschaubarkeit der Kreisscheiben verantwortlich zu machen, die die Auffassung der Parallelen als einer einheitlichen Gestalt erschwert oder verhindert.

3. Die Wichtigkeit der scheinbaren Größe des Objekts und die relative Irrelevanz der Größe des Netzhautbildes sprechen ebenfalls für die Bedeutung der Gestaltprozesse bei dem Parallelitätseindruck.

4. Unter bestimmten Versuchsbedingungen (Verlauf der Kreisscheiben unter einem Winkel von 45° zur Frontalebene) geben alle Versuchspersonen die gleiche, nur quantitativ verschiedene Fehlerkurve. Dabei zeigt sich, daß, wenn die Ebene der Kreisscheiben von links vorn

¹⁾ Diese Einschränkung dürfte z. B., bis eine Nachprüfung an mehreren Versuchspersonen vorliegt, für die gründlichen Untersuchungen *M. H. Fischers* Zur Lehre von der absoluten Lokalisation gelten. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 188, 161. 1921.

²⁾ Vgl. hierzu *W. Lohmanns* Studien über die absolute Tiefenlokalisation, der den Nachweis habitueller Veränderungen erbringen konnte, die sich infolge des Tragens von Brillen einstellten. *Arch. f. Augenheilk.* 88, 16. 1921.

nach rechts hinten verläuft, der Parallelitätseindruck bei Drehung der Reizlinie von $0-90^\circ$ besteht, wenn die Geraden „in Wirklichkeit“ nach oben konvergieren. Bei weiterer Drehung der Reizlinie von 90 bis 180° ist der Parallelitätseindruck an die Konvergenz der Geraden nach unten gebunden. Gerade die entgegengesetzten Ergebnisse werden bei der hierzu symmetrischen Raumlage der Kreisscheiben erhalten, wenn diese von rechts vorn nach links hinten verlaufen.

5. Die Einstellung der nahezu horizontalen Geraden geschieht auch in den Schräglagen mit dem geringsten Fehler, obwohl die perspektivische Verkürzung der Geraden am stärksten ist.

Unseren Versuchspersonen Frl. Dr. *Schiffmann*, Frl. *Hagemann*, Frl. *Müller* sprechen wir auch an dieser Stelle unsern besten Dank aus.