

(Aus der physikalischen Abtheilung des physiologischen Universitäts-Instituts zu Berlin.)

Blickrichtung und Größenschätzung.

Von

Dr. med. ALFRED GUTTMANN.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Entscheidung der Frage liefern, ob die Größenschätzung der Gesichtsobjekte von der Stellung der Augen im Kopfe abhängig ist. Diese Frage ist neuerdings mehrfach erörtert worden, seit die Vermutung aufgetaucht ist, daß das bekannte, schon im Altertum vielfach diskutierte Phänomen der verschiedenen scheinbaren GröÙe der Sonne, des Mondes und der Gestirne je nach ihrer Stellung nahe dem Horizont oder dem Zenith auf jenem Moment der Augenstellung oder Blickrichtung wenigstens zum Teil beruhe.

Wohl die gewandteste Vertretung fand diese Anschauung (die zuerst von GAUSS¹ im Jahre 1830 in einem Briefe an BESSEL ausgesprochen zu sein scheint) durch O. ZOTH², der sie durch eine Reihe von Experimenten zu begründen suchte. Wie bekannt, geht ZOTHS Ansicht dahin, daß der am Horizont gesehene Mond deshalb größer erscheine, als der am Zenith gesehene, weil jener mit geradeaus gerichteter, dieser mit mehr oder weniger stark gehobener Blickrichtung betrachtet zu werden

¹ Briefwechsel zwischen GAUSS und BESSEL. 1880. S. 498.

² OSKAR ZOTH: Über den Einfluß der Blickrichtung auf die scheinbare GröÙe der Gestirne und die scheinbare Form des Himmelsgewölbes. *Pflüg. Archiv f. d. ges. Physiologie* 78. 1899. — OSKAR ZOTH: Bemerkungen zu einer alten „Erklärung“ und zu zwei neuen Arbeiten, betreffend die scheinbare GröÙe der Gestirne und Form des Himmelsgewölbes. *Ebenda* 88. 1901.

pfl egt. Ist diese Anschauung zutreffend, so müßte es möglich sein, ihre Richtigkeit auch bei der Abschätzung der Grö ße terrestrischer Objekte experimentell zu erweisen. ZOTH ist das nur mit einer gewissen Einschränkung gelungen; zwar sagt er¹: „Objekte, oder noch allgemeiner ausgedrückt, Dimensionen, für deren Grö ßen- und Entfernungsschätzung keine Anhaltspunkte vorliegen, erscheinen bei gehobener Blickrichtung kleiner als bei horizontaler oder gerader“, aber an anderer Stelle² sagt er: „im allgemeinen tritt die Grö ßentäuschung desto besser hervor, je mehr die Täuschung über die Entfernung zurückgedrängt werden kann, doch gelang es nur ausnahmsweise sich von der letzteren ganz frei zu machen“ — „bei verhältnismäßig nahen Objekten überwiegt in der Regel die Täuschung über die Entfernung —.“³

Seine Versuchspersonen schwanken also in der Art der Deutung ihrer Wahrnehmungen, sie wechseln zwischen der Auffassung, daß die mit erhobener Blickrichtung gesehenen Objekte kleiner seien, oder daß sie ferner seien; in dem Maße, wie die eine Auffassungsmöglichkeit im Bewußtsein hervortritt, wird die andere zurückgedrängt, kurzum, die scheinbar einfache Aufgabe, zwei Objekte in Bezug auf ihre Grö ße zu vergleichen, löst einen komplizierten psychologischen Vorgang aus, der der beabsichtigten, einfachen physiologischen Erklärung, die ZOTH für die in Rede stehende Täuschung annimmt, hemmend im Weg steht.

Den Grund dafür bildet die Versuchsanordnung, daß Entfernung und Grö ße der Objekte unbekannt sind. Es steht im Belieben der Versuchsperson, das gesehene Objekt in jede Entfernung zu projizieren, ohne daß der Experimentator kontrollieren kann, wieviel von der etwaigen Täuschung auf Kosten jedes der beiden Elemente kommt (Grö ßentäuschung — Entfernungstäuschung), aus denen sich die schließliche Täuschung zusammensetzt. Damit ist auch schon gesagt, daß mit dieser Methode, die nur Schätzungen ungenauer Art erlaubt, sich keine systematischen, zahlenmäßig ausdrückbaren Resultate erlangen lassen.

¹ l. c. 78, S. 376.

² l. c. S. 386.

³ l. c. S. 387.

Auf Veranlassung des Herrn Professor NAGEL, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank dafür, wie für das Interesse, das er an der vorliegenden Arbeit nahm, ausspreche, unternahm ich es im S./S. 1902, zu versuchen, ob unter geeignet gewählten Bedingungen sich nicht auch messende Versuche anstellen ließen, die eine Entscheidung über die Gültigkeit der von ZOTH vertretenen Anschauung gestatteten. Es gelang dies in der Tat, wie im folgenden beschrieben, vollkommen, ohne daß sich die Entfernungstäuschung störend einschob. Das Endergebnis der Versuche fiel, wie hier gleich vorgreifend erwähnt werden möge, durchaus im Sinne ZOTHS aus.

Ich wählte zuerst, dem Beispiel früherer Experimentatoren folgend, die Distanzen von Linienpaaren. Von vornherein verzichtete ich auf größere Entfernungen derselben vom Auge, und brachte sie im Gegenteil in deutlicher Sehweite an, damit man gewissermaßen „auf den ersten Blick“ sich überzeugen konnte, daß beide Objekte gleich weit vom Auge entfernt waren. Dafür erschien das Perimeter außerordentlich geeignet, dessen Halbkreis das betrachtende Auge umgibt und so geradezu zwingend jede etwaige Entfernungstäuschung ausschließt.

Als Grad der Blickhebung wählte ich 40° . Diese Bewegung ist für mein emmetropes Auge wenn auch nicht mehr ganz bequem, so doch ohne größere Anstrengung möglich. Ich habe davon abgesehen, bei meinen Versuchen die oberen Objekte noch höher zu befestigen. Denn bei jeder nur etwas stärkeren Hebung des Blickes folgt unwillkürlich der Kopf nach und ein Teil der Blickhebung wird durch Kopfhebung ersetzt. Nur so ist es ja überhaupt zu erklären, wenn die Versuchspersonen anderer Autoren Objekte fixierten, die 90° über ihrer geraden Blickrichtung lagen. Dadurch wird natürlich jede Angabe über die Größe der Blickhebung unmöglich. Eine Fixierung des bei 90° gesehenen Objektes kann sich ebensowohl aus einer Kopfhebung von $70^\circ +$ Blickhebung von 20° zusammensetzen, wie z. B. aus einer Kopfhebung von $40^\circ + 50^\circ$ Blickhebung! [Ich will übrigens hier erwähnen, daß die Möglichkeit der Blickhebung individuell außerordentlich verschieden ist: z. B. konnte HELMHOLTZ¹ ungefähr 45° aufwärts sehen, AUBERT nur 30° , HERING sogar nur

¹ HELMHOLTZ: *Physiol. Optik*. 2. Aufl. S. 615.

20°. ¹ Der Grad der Blickhebung muß also je nach dem individuellen Maximum der Versuchspersonen vom Experimentator gewählt werden.]

Ich kann — monokular — bei 40° noch foveal sicher beobachten ², binokular fällt mir eine derartige Blickhebung bedeutend schwerer. Diese Untersuchungen — ich benutze zuerst keine andere Versuchsperson — machte ich monokular, das rechte Auge war durch eine Binde verhängt. Damit sind also die Hauptbedingungen gegeben, die ZOTH für das Zustandekommen der Mikropsie bei gehobenem Blick für essentiell hält: die Entfernung ist konstant und bekannt, die Akkommodation ist die gleiche, eine zahlenmäßige Größenvergleichung ist möglich, wenn man zwei Objekte von gleicher Farbe und Helligkeit in variabler Größe unter dem verschiedenen Gesichtswinkel anbringt, zwischen denen die Versuchsperson eine Größengleichung herzustellen hat. Verändert wird damit der mit der Blickhebung verbundene Konvergenzimpuls.

Zunächst mußte also eine gleichmäßig gefärbte und beleuchtete Fläche hergestellt werden, auf der sich scharf markiert zwei Punkte oder besser Linien in verschiedenen Entfernungen voneinander fixieren lassen mußten. Ich konstruierte dafür aus weißem Pappkarton einen 20 cm langen und 10 cm hohen, degen-scheidenartigen Rahmen, dessen Vorderfläche in ihrer ganzen Länge von einem 2 cm hohen Spalt durchbrochen war. In diesem Hohlrahmen liefen 2 weiße Pappstreifen, deren einander zugewendete, vertikale, scharfrandige Kanten mit chinesischer Tusche geschwärzt waren. Jeder Streifen liefs sich nach jeder beliebigen Stelle des Rahmens verschieben. So konnte ich die geschwärzten Enden der Streifen (die also als 2 cm hohe, senkrechte, feine, schwarze Linien auf weißem Hintergrunde sichtbar waren), in verschiedenen Entfernungen voneinander beliebig einstellen.

Ich verwendete zwei derartige „Schieber“; in dem einen, dem „Vergleichsschieber“, wurde die gewählte Distanz der Linien vor dem Versuch fest eingestellt, im andern, dem „Einstellungsschieber“, mußte die Versuchsperson eine ihr als gleich erscheinende Entfernung der schwarzen Linien einstellen. Beide Schieber wurden im

¹ Cit. nach BOURDON: *La perception visuelle de l'espace*. Paris 1902. Schleicher frères. S. 59.

² Wie ich mit der Nachbildmethode (HERING) festgestellt habe.

Perimeterbogen durch seitlich angebrachte Klammern horizontal fixiert, der inneren Fläche des Perimeters eng anliegend, der eine bei 0° , der andere oberhalb bei 40° . Im oberen, der als „Vergleichsschieber“ gedacht war, waren die schwarzen Linien in einer Distanz von z. B. 3 cm eingestellt, der untere sollte als „Einstellungsschieber“ dienen. Wenn man die für alle perimetrischen Untersuchungen übliche Stellung eingenommen hatte, wobei das rechte Auge mit einer schwarzen Binde verhängt war, sah man also die fest eingestellte Distanz bei völlig unbewegtem Kopf nur, indem man den Blick um 40° aufwärts wendete, den unteren Einstellungsschieber dagegen in horizontaler Blickrichtung. Eine Täuschung in Bezug auf die Entfernung der beiden zu vergleichenden Distanzen vom Auge war von vornherein, durch den halbkreisförmigen Bogen des Perimeters, in den die beiden Schieber eingepaßt waren, ausgeschlossen. Wenn also überhaupt eine Täuschung zu stande kam, so konnte sie sich nur auf die Distanz der Schieberenden voneinander beziehen. Die Aufgabe bestand darin, durch Hin- und Herschieben der Pappstreifen im Einstellungsschieber eine Distanz herzustellen, die der im oberen Vergleichsschieber gegebenen Distanz gleich war. Ich mußte also unter fortwährender abwechselnder Kontrolle mittels des aufwärts gerichteten Blicks und bei gerader Blickrichtung, ohne den Kopf zu bewegen, die bei gehobenem Blick geschätzte Entfernung der zwei Linien dann bei gerader Blickrichtung gewissermaßen formulieren. Die am unteren Schieber eingestellte Distanz wurde dann durch einen Zirkel in ein Heft übertragen (ohne daß ich ihre zahlenmäßige Länge feststellte) und der Zirkel nach jeder Übertragung wieder geschlossen; auch war die Eintragung in das Heft so eingerichtet, daß sie keinerlei Anhaltspunkte bot, zu beurteilen, wieweit sich die einzelnen Einstellungen ähnelten oder voneinander unterschieden, noch überhaupt einen Maßstab für die Richtigkeit oder Falschheit der Schätzungen gab. Auf diese Weise wurde jede Beeinflussung der folgenden Einstellung vermieden. Am Einstellungsschieber ging ich abwechselnd von zu großen und zu kleinen Distanzen aus. Für jede einzelne Entfernung, die beurteilt werden sollte, wurden ungefähr 20 Versuche gemacht. Eine größere Zahl von Versuchen hintereinander anzustellen, erwies sich als unzweckmäßig, weil diese Versuche recht anstrengend und ermüdend waren, sodafs aus Gründen der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der

Einstellung gelegentlich sogar schon vor der Beendigung der vorgesehenen 20 Einstellungen aufgehört werden mußte. Das war besonders in den ersten Versuchs-Tagen der Fall, als ich auch die umgekehrte Anordnung versuchte: in Augenhöhe den Vergleichsschieber fest einzustellen und die Einstellung im oberen Schieber bei um 40° erhobenem Blick vorzunehmen. Dies war aber so anstrengend, daß ich es später ganz aufgab.

Es wurden die Entfernungen von 3, 4, 5, 6, 7 und 10 cm durchgeprüft und die Resultate, wie erwähnt, als Distanzen, noch nicht gemessen, eingetragen. Erst nachdem ich ein Material von 125 Versuchen hatte, maß ich nun diese Distanzen. Es zeigte sich zunächst, daß die Einstellungen unter sich wenig differierten, am meisten bei den Versuchen, die ich oben als nur anfangs ausgeführt erwähnte, in denen der Vergleichsschieber in Augenhöhe, der Einstellungsschieber bei 40° oberhalb stand. Als Probe gebe ich einige Einzelprotokolle hier wieder.

Fest eingestellt ist die Entfernung von 3 cm bei 40° oben. Resultate der Einstellungen:

2,9	3,0	3,0	2,9	2,9
3,2	2,95	2,95	2,95	2,8
3,2	3,0	2,8	2,75	3,0
3,05	2,75	2,75	2,95	3,0

In Summa 20 Einstellungen = 58,8. Also im Mittel 2,94.

Fest eingestellt ist die Entfernung von 6 cm bei 40° oben. Resultate der Einstellungen:

5,9	5,7	5,8	5,9	6,05
6,05	6,0	5,65	5,8	6,0
5,9	5,8	5,8	6,0	5,9

In Summa 15 Einstellungen = 88,25. Also im Mittel = 5,88.

Aus allen Einzeltabellen wurde dann der Durchschnitt für die einzelnen Entfernungen berechnet. Es ergab sich, daß durchweg die Distanzen, die bei Blickhebung beurteilt wurden, zu klein geschätzt worden waren.

Statt 3 cm	ergab sich als Durchschnitt	aller Einstellungen	2,909
„ 4 „	„ „	„ „	3,992
„ 5 „	„ „	„ „	4,78
„ 6 „	„ „	„ „	5,883
„ 7 „	„ „	„ „	6,75
„ 10 „	„ „	„ „	9,12.

Die Schätzung beträgt also, wenn ich die gegebene Größe = 100 setze,

bei 3 cm	=	96,96
„ 4 „	=	99,8
„ 5 „	=	95,6
„ 6 „	=	98,05
„ 7 „	=	96,42
„ 10 „	=	91,2.

Demnach sind im Durchschnitt in allen Versuchen 100 Einheiten in 40° Höhe für 96,34 Einheiten geschätzt worden. Der Schätzungsfehler beträgt also im Durchschnitt = $-3,66\%$.

Nun wurde die Versuchsanordnung umgeändert. Es war nach den bisherigen Versuchen sehr wohl möglich, durfte wenigstens a priori nicht ausgeschlossen werden, daß bei einer um denselben Winkel abwärts gesenkten Blickrichtung ebenfalls eine Täuschung über die Distanzen der beiden Linien resultieren konnte. Darum wurde nun der Vergleichsschieber bei 40° unterhalb im Perimeterbogen befestigt, der Einstellungsschieber blieb bei 0° . Es zeigte sich bald, daß in diesem Teil der Versuche das Verfahren wieder angewendet werden konnte, das beim ersten Teil der Untersuchung als zu schwierig aufgegeben werden mußte. Es war ohne jede Anstrengung möglich, einer bei 0° eingestellten Strecke die veränderliche Strecke im unteren Schieber scheinbar gleich zu machen, da mit der Blicksenkung um 40° keinerlei derartig unangenehme Sensationen verbunden waren, wie mit der Blickhebung um 40° . Infolgedessen wurden hierbei jedesmal hintereinander 40 Einstellungen vorgenommen und zwar A) 20 Einstellungen bei 0° (wobei der Vergleichsschieber bei 40° unterhalb stand), und B) 20 Einstellungen bei 40° unten (wobei der Vergleichsschieber in Augenhöhe bei 0° stand).

Die Übertragung geschah in derselben Weise wie oben beschrieben, sodafs die Resultate zunächst völlig unbekannt blieben. Das Ergebnis von 140 Einzelversuchen war folgendes. Bei allen A-Versuchen wurde im Durchschnitt eingestellt

statt 3 cm	2,895
„ 4 „	4,001
„ 5 „	4,977
„ 10 „	9,99.

[Die Entfernungen 6 und 7 cm wurden hierbei nicht eingestellt, da sie ja nicht wesentlich verschiedene Resultate ergeben hatten und es zur Gewinnung eines guten Durchschnitts zweckmäßiger erschien, für die einzelnen Distanzen lieber mehr Zahlen zu erhalten.]

Bei allen B-Versuchen ergab sich im Mittel

statt 3 cm	2,895
„ 4 „	3,947
„ 5 „	5,001
„ 10 „	10,—

Der Durchschnitt der A-Versuche ist also, daß die Entfernungen bei 40° abwärts gesenktem Blick statt 100 auf 99,54 geschätzt wurden, daß bei allen B-Versuchen die Entfernungen bei gerader Blickrichtung bei gesenktem Blick statt 100 mit 98,48 eingestellt wurden.

Die Resultate bedürfen einiger Erläuterungen: Wenn wir die A-Versuche allein für sich betrachten, so ergibt sich bei dieser Versuchsanordnung, daß der Schätzungsfehler = 0,46 % beträgt (gegen 3,66 % bei Blickhebung um 40°) also schon an und für sich eine erhebliche Differenz, die beweisen würde, daß die Größenschätzung bei Blicksenkung nur minimal beeinflusst wird. Die B-Versuche dagegen zeigen einen Schätzungsfehler von 1,52 %, aber — und das ist zu beachten — im entgegengesetzten Sinne: bei 0° war eine Entfernung von 100 Einheiten eingestellt, bei 40° unterhalb ergab die Einstellung aber 98,48, d. h. also, da eine physikalisch oder physiologisch bedingte fehlerhafte Schätzung prinzipieller Art bei 0° ausgeschlossen ist, daß die bei 40° unterhalb eingestellten Entfernungen für größer gehalten wurden als sie waren, daß der Schätzungsfehler also nicht negativ, sondern positiv war. Dies würde, wenn man die untere Distanz auf 100 umrechnet, ergeben, daß die obere Distanz = 101,54 aufgefaßt wurde. Alle A- und B-Versuche sind aber hintereinander gemacht und als gleichartige Versuche von vornherein gedacht. Das Gesamtergebn ergibt sich demnach erst aus ihrem Durchschnitt, also: in allen A-Versuchen wurden für 100 Einheiten bei um 40° gesenktem Blick eingestellt 99,54, bei allen (genau ebensoviele) B-Versuchen wurden für 100 Einheiten eingestellt 101,54, d. h. im Durchschnitt wurde die Einheit 100 bei einer Blicksenkung um 40° aufgefaßt als 100,54. Mit andern Worten: Die Blicksenkung um 40° hat so gut wie

keinerlei Beeinflussung der Größenschätzung zur Folge gehabt, da eine Differenz von $\frac{1}{2}\%$ in den Fehlergrenzen jeder derartigen Vergleichseinstellung liegt, jedenfalls neben einem Schätzungsfehler von $3\frac{2}{3}\%$ völlig verschwindet.

Noch eine dritte Serie von 50 Kontrollversuchen nahm ich vor: um sicher zu gehen, daß nicht von mir unbemerkte kleine Versuchsfehler, etwa wechselnde Beleuchtung, wechselnde Disposition, Aufmerksamkeit, Ermüdung, Übung und derartiges, — die an verschiedenen Tagen vorgenommenen Versuche beeinflussten, richtete ich diese Versuche folgendermaßen ein: 2 Versuchsschieber wurden im Perimeterbogen in der bisherigen Weise angebracht, der eine bei 40° oben, der andere bei 40° unten, bei 0° , [also in Augenhöhe], wurde ein dritter Schieber als Einstellungsschieber befestigt.

Nun wurde nach den einander gleichen Distanzen der schwarzen Linien in den beiden Vergleichsschiebern abwechselnd einmal durch Schätzung der oberen, einmal durch Schätzung der unteren Distanz in dem mittleren Schieber eingestellt. 40 Versuche für die Distanz 3 cm ergaben, daß diese Distanz im oberen Vergleichsschieber auf 2,925 geschätzt wurde, im unteren auf 2,995. In 10 Versuchen mit der Distanz von 10 cm wurde oben 9,39, unten 9,81 eingestellt. Wenn auch eine so geringe Zahl von Einzelversuchen nicht als absolut beweisend angeführt werden kann, weil der Zufall der Schätzungen mitspielen kann, so stimmen diese Zahlen immerhin recht gut mit dem Durchschnitt, den die anderen Versuche ergeben haben, differieren aber untereinander in der schon besprochenen Art: daß nämlich eine Strecke bei einer Blickhebung um 40° kleiner erscheint, als eine gleiche Strecke bei gerader oder um 40° gesenkter Blickrichtung.

Der zweite Teil meiner Versuche galt der Feststellung, wie die Größen kreisförmiger Flächen unter denselben Bedingungen beurteilt werden. Die Wahl gerade der kreisförmigen Fläche lag nahe, weil die Objekte, deren unter verschiedenen Umständen verschiedene scheinbare Größe den Ausgangspunkt der ganzen Untersuchungsreihe gegeben hatte, Sonne und Mond, kreisförmig erscheinen. Ich stellte also zwei gleichmäßig beleuchtete, kreisrunde Flächen her, deren Diameter sich beliebig variieren und zahlenmäßig ausdrücken ließen. Dazu wurden in die kurze

Wand eines Holzkastens zwei genau gleiche Irisblenden eingesetzt; unmittelbar dahinter wurde eine dunkelrote Glasscheibe und eine Milchglasscheibe in den Kasten eingelassen. In dieser, über 1 m langen, kameraähnlichen Kiste befand sich am entgegengesetzten Ende dicht an der Hinterwand die Lichtquelle, eine mit Reflektorschirm versehene Glühlampe, genau in der Mitte der inneren Höhe. Der Kasten war mit schwarzen Tüchern lichtdicht verhangen; es konnte also das Licht nur durch die beiden gleichmäÙig beleuchteten Irisblenden in das Auge des Beobachters gelangen, der sich mit dem Apparat im Dunkelmzimmer befand. Der Abstand der Irisblenden voneinander war so groÙ gewählt, daÙ die Distanz ihrer Mittelpunkte für das beobachtende Auge unter dem Gesichtswinkel von 40° erschien. Wenn nun der Kasten samt seiner Unterlage soweit geneigt wurde, daÙ die beiden Irisblenden gleich weit (25 cm) vom Auge entfernt waren und die untere in Augenhöhe sich befand, so mußte der Beobachter, um die obere zu fixieren, den Blick um 40° erheben. — Die Versuchsanordnung ist also im Prinzip die gleiche wie im ersten Teil der Untersuchung, die genaue Fixierung des Kopfes wurde hierbei durch ein Beißbrett bewirkt. Da auch hierbei das unwissentliche Verfahren ausgeübt werden sollte, bedurfte ich eines Gehilfen, der das Einstellen der einen Blende besorgte und die Blendenweiten, die die Versuchsperson an der zweiten Blende einstellte, ablas und notierte. Für diesen Teil der Untersuchungen stand mir die liebenswürdige Unterstützung des Herrn Dr. PIPER, Assistenten des physiologischen Universitätsinstitutes, dessen AugenmaÙ wie das meinige gut geschult ist, zur Seite. Wir wechselten in den Rollen des Beobachters und Gehilfen ab. Auch hierbei wurde monokular beobachtet. Dr. PIPERS maximale Blickhebung ist nur etwas geringer als die meinige, sein rechtes Auge, mit dem er beobachtete, zeigt 1 D Hyperopie. Als Vergleichsdiameter benutzte ich nur zwei verschiedene GröÙen, um durch eine möglichst groÙe Zahl von Einzeleinstellungen möglichst genaue Durchschnittszahlen zu erhalten. Für Dr. PIPER wählte ich die Diameter 12 und 14 mm.

Er stellte — im Durchschnitt — für 12 mm ein 11,49 mm, für 14 mm 13,58; für mich wählte Dr. PIPER den Diameter 14 mm; ich stellte dafür ein 13,535.

Dieser Durchschnitt ergibt sich aus 145 gut übereinstimmenden Einzelversuchen.

Eine einzelne Versuchsreihe, die ein etwas abweichendes Resultat gab, erwies sich dadurch als unbrauchbar, daß infolge einer zunächst unbemerkt gebliebenen Komplikation die beiden zu vergleichenden Flächen ungleich stark beleuchtet gewesen waren.

Schließlich ist noch eine Versuchsreihe von 25 Beobachtungen mit dem Diameter 12 mm zu erwähnen, die binokular gemacht wurde (Dr. PIPER). Subjektiv wurde das als bedeutend anstrengender empfunden. Statt 12 mm wurden im Durchschnitt 11,02 eingestellt.

Auf 100 berechnet sind also, abgesehen von dieser letzten Versuchsreihe, eingestellt von Dr. PIPER bei 12 mm 95,75 %, bei 14 mm 97 % des Durchmessers, ich habe bei 14 mm 96,67 % eingestellt.

Unsere Resultate stimmen also objektiv gut überein, obgleich Dr. PIPER subjektiv diese Blickhebung unangenehmer, anstrengender empfindet, als ich selbst.

Der Durchschnitt ist in allen 145 Versuchen: statt 100 Einheiten 96,47. Der Fehler beträgt also = — 3,53.

Da der Fehler der entsprechenden Streckenversuche (vergl. Seite 339) = — 3,66 % war, so stimmen die Gesamtergebnisse beider Teile dieser Versuche völlig überein.

Das Resultat meiner Versuche ist also, daß Distanzen resp. Objekte, die unter sonst völlig gleichen Bedingungen gesehen und als Größen beurteilt werden, bei um 40° erhobener Blickrichtung in 25—36 cm Entfernung vom Auge um rund 3½ bis 3⅔ % kleiner erscheinen, als bei gerader Blickrichtung.

Erst nach Abschluß meiner Versuche kam mir das auf S. 336 citierte überaus reichhaltige Buch BOURDONS zu Gesicht, in dem das vorliegende Problem ebenfalls behandelt wird. Ich unterlasse es, auf die Stellungnahme dieses Autors hier einzugehen, glaube auch, von einer Aufzählung und Würdigung der einschlägigen älteren Arbeiten (so besonders von STROOBANT und FILEHNE) umsomehr absehen zu dürfen, als die Literatur in erschöpfender Weise in den beiden Arbeiten von ZOTH und neuerdings wieder durch REIMANN behandelt ist. Ich beschränke mich daher auf den vorliegenden Bericht über meine Versuche

und möchte nur noch mit einigen Worten auf REIMANN'S neueste Publikation eingehen, die einige Monate nach Abschluß meiner Versuche in dieser Zeitschrift erschien.¹ Soweit sie ein Abdruck seines älteren Artikels ist, der als Programmabhandlung des königlichen Gymnasiums zu Hirschberg 1901 erschienen war, hat sie ZOTH kritisiert. Von neueren Versuchen berichtet REIMANN jedoch eine Anzahl, deren Bedingungen meinen Liniendistanzversuchen sehr ähnlich sind, deren Resultate aber im direkten Gegensatz zu den meinigen zu stehen scheinen. REIMANN hat, — allerdings in etwas größerer Entfernung vom Auge² — Linienpaare, deren Distanzen variabel waren, als gleich einstellen lassen; das eine Linienpaar befand sich in Augenhöhe geradeaus vor dem Beobachter, das andere über ihm bei 90°. Fünf Versuchsreihen zu je 10 Einstellungen, die unter diesen Bedingungen stattfanden, ergaben als Resultat, wenn REIMANN die zenithale Größe = 100 setzt, daß statt 100 eingestellt wurde: 103,8. Wenn ich dies Verhältnis umrechne, indem ich die mit gerader Blickrichtung gesehene Größe = 100 setze (wie in meinen Versuchen), so ergibt sich, daß diese Größe in den betr. Versuchen von REIMANN als 96,63 im Durchschnitt eingestellt wurde. Der Schätzungsfehler beträgt also etwa $3\frac{1}{3}\%$!

Leider findet sich diese Berechnung nicht bei REIMANN³, sondern er berechnet seinen Durchschnitt aus seinen sämtlichen Versuchsreihen, die aber z. T. auf vollkommen verschiedenen Versuchsbedingungen beruhen. So ist bei einer großen Anzahl seiner Versuche das eine Linienpaar in weitere, ja fast doppelte Entfernung vom Auge gebracht wie das andere. Und da REIMANN nichts über die Entfernungstäuschung sagt, scheint es mir nicht erlaubt, ohne weiteres so verschiedenartige Versuche (bezüglich deren Deutung ich auf meine Einwände in der Einleitung, sowie auf ZOTH'S Arbeiten hinweise) promiscue zur Berechnung des Durchschnitts zu benutzen.

¹ E. REIMANN: Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont. *Diese Zeitschr.* 30.

² REIMANN gibt diese Entfernungen der Distanzen vom Auge nicht in Zahlen an, so daß also der Leser die scheinbare Größe der Distanzen nur schätzungsweise bestimmen kann. Jedenfalls sind diese Winkelgrößen, außerordentlich klein, kleiner als bei meinen entsprechenden Versuchen.

³ Diese Resultate sind aus REIMANN'S Protokollen auf S. 166—167 der oben citierten Arbeit entnommen; es sind alle A-Versuche der ersten 3 Versuchstage.

Ein weiteres Argument scheint mir die geringe Zahl der REIMANNSchen Versuche zu sein. Wenn die einzelnen Versuchsreihen von je 10 Einstellungen bei derselben scheinbaren Größe der Distanzen Unterschiede bis 5,8% aufweisen, wo es sich in unserer Frage überhaupt nur um Differenzen von etwa 3—4% handelt, so sind das eben keine Endresultate, aus denen man stringente Schlüsse ziehen kann, sondern nur Dokumente für die Ungenauigkeit der Methodik, die nur durch eine größere Zahl von Einzeleinstellungen verbessert werden kann. REIMANNS Deutung dieser Versuche ist völlig hypothetisch. Derartige Versuche sind eben nicht eindeutig: es handelt sich (wie auf S. 334 angedeutet) um das gleichzeitige Wirken zweier Momente 1. der Größentäuschung, 2. der Entfernungstäuschung, die — vollkommen unkontrollierbar — einander entweder das Gleichgewicht halten können (wie REIMANN annimmt), oder sich addieren oder sich subtrahieren können. Je nach dem Prävalieren eines dieser beiden Momente muß die endgültige Täuschung verschieden ausfallen, in dem Sinne, daß z. B. eine starke Entfernungstäuschung die daneben bestehende Größentäuschung verringern, paralysieren, ja in ihr Gegenteil verkehren kann — oder umgekehrt.

Und so muß jede derartige Auslegung Hypothese bleiben, solange die Versuche nicht eindeutig angeordnet sind, daß sie nur den Einfluß der Blickrichtung entweder auf die Entfernungsschätzung oder aber auf die Größenschätzung zeigen.

(Eingegangen am 12. Juni 1903.)
